

Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços
e Possibilidades

Manuel Simões
(organizador)

 EDITORA
ARTEMIS
2023

VOL II

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.

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

Conselho Editorial

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



Prof.ª Dr.ª 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.^a Dr.^a Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.^a Dr.^a Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba
Prof.^a Dr.^a Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.^a Dr.^a Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof.^a Dr.^a Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.^a Dr.^a Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.^a Dr.^a Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.^a Dr.^a Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia
Prof.^a Dr.^a Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

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

E82 Estudos em 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CAPÍTULO 12122

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

SOBRE O ORGANIZADOR.....132

ÍNDICE REMISSIVO133

CAPÍTULO 2

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

Data de submissão: 25/04/2023

Data de aceite: 09/05/2023

David Alejandro García López

Universidad Autónoma de Zacatecas
Unidad Académica de
Ciencias Biológicas
Laboratorio de Biología
Celular y Neurobiología
Avenida Preparatoria
Colonia Hidráulica, s/n
C.P. 98068, Zacatecas
Zacatecas, México
<https://orcid.org/0000-0003-2064-1959>

Rosa Gabriela Reveles Hernández

Universidad Autónoma de Zacatecas
Unidad Académica de
Ciencias Biológicas
Laboratorio de Biología
Celular y Neurobiología
Avenida Preparatoria
Colonia Hidráulica, s/n
C.P. 98068, Zacatecas
Zacatecas, México
<https://orcid.org/0000-0003-3109-1606>

Rosa María Ramírez Santoyo

Universidad Autónoma de Zacatecas
Unidad Académica de
Ciencias Biológicas
Laboratorio de Biología
Celular y Neurobiología
Avenida Preparatoria
Colonia Hidráulica, s/n
C.P. 98068, Zacatecas
Zacatecas, México
<https://orcid.org/0000-0002-0755-9339>

Luz Elena Vidales Rodríguez

Universidad Autónoma de Zacatecas
Unidad Académica de
Ciencias Biológicas
Laboratorio de Biología
Celular y Neurobiología
Avenida Preparatoria
Colonia Hidráulica, s/n
C.P. 98068, Zacatecas
Zacatecas, México.
<https://orcid.org/0000-0002-4588-7691>

María Argelia López Luna

Universidad Autónoma de Zacatecas
Unidad Académica de
Ciencias Químicas
Laboratorio de Biología Celular
El Cordobel, Enrique Estrada
C.P. 98068, Zacatecas
Zacatecas, México
<https://orcid.org/0000-0001-8477-5169>

Sergio Hugo Sánchez Rodríguez

Universidad Autónoma de Zacatecas
Unidad Académica de
Ciencias Biológicas
Laboratorio de Biología
Celular y Neurobiología
Avenida Preparatoria
Colonia Hidráulica, s/n
C.P. 98068, Zacatecas
Zacatecas, México
<https://orcid.org/0000-0002-7764-7211>

RESUMEN: Las células humanas pueden sufrir estrés por exposición continua a radiación solar, donde la radiación ultravioleta (UV) y el

calor son las que generan mayor daño. La radiación UV se clasifica por su longitud de onda en: UVA, UVB y UVC. La radiación UVA es absorbida por el 70-80% de las células de la dermis. Tanto la UVA y el calor generan estrés oxidativo, afectando proteínas, ADN y lípidos. Así mismo el calor, favorece el envejecimiento, ya que induce la producción de metaloproteinasas y desnaturalización de proteínas. Para mantener la homeostasis, la célula sobre expresa proteína Hsp70, que regula el plegamiento, renaturalización o destrucción de proteínas en formación o dañadas. El objetivo de este proyecto fue determinar el cambio en el número de células vivas, el daño en el ADN y la expresión de Hsp70 en leucocitos humanos expuestos a radiación UVA y calor. Material y métodos: Se aislaron leucocitos de sangre total proveniente de humanos mediante Ficoll Histopaque®, se alicotaron las células y se sometieron a radiación UVA por 0, 1, 2 y 3 horas utilizando una lampara emisora de radiación a 365nm y a calor a 37, 40, 42 y 44 °C durante una hora. Posteriormente se evaluó el número de células vivas por mL, se extrajo su ADN mediante DNAzol® para evaluar su fragmentación en geles de agarosa y se analizó la expresión de Hsp70 mediante PAGE-SDS y Western Blot-ECL. Resultados: Se encontró una disminución significativa en el número de células vivas por mL en los leucocitos expuestos a estrés térmico y radiación UVA. También se observó un aumento en la expresión de Hsp70 por radiación UVA a 1 y 2 horas de exposición, con caída a 3 horas y por calor a 40 y 42 °C, decaendo en 44 °C. Finalmente, se encontró fragmentación del ADN en las muestras expuestas a 2 y 3 horas con radiación UVA y una fragmentación discreta al irradiar 1 hora con radiación UV y a 44 °C. Conclusión. La radiación ultravioleta y el calor generan estrés celular, modifican el número de células vivas, la expresión de Hsp70 y el daño al ADN en leucocitos humanos.

PALABRAS CLAVE: Estrés. Hsp70. Radiación ultravioleta. Leucocitos.

ALTERATION IN CELL VIABILITY, DNA DAMAGE AND CHANGES IN HSP70 EXPRESSION IN HUMAN LEUKOCYTES EXPOSED TO UVA RADIATION AND HEAT

ABSTRACT: Human cells can be stressed by continuous exposure to solar radiation, where ultraviolet (UV) radiation and heat do the most damage. UV radiation is classified by its wavelength into: UVA, UVB and UVC. UVA radiation is absorbed by 70-80% of the cells of the dermis. Both UVA and heat generate oxidative stress, affecting proteins, DNA and lipids. Likewise, heat favors aging, since it induces the production of metalloproteinases and protein denaturation. To maintain homeostasis, the cell overexpresses the Hsp70 protein, which regulates the folding, renaturation, or destruction of forming or damaged proteins. The objective of this project was to determine the change in the number of living cells, DNA damage and Hsp70 expression in human leukocytes exposed to UVA radiation and heat. Material and methods: Leukocytes were isolated from whole blood from humans using Ficoll Histopaque®, the cells were aliquoted and subjected to UVA radiation for 0, 1, 2 and 3 hours using a radiation emitting lamp at 365nm and heat at 37, 40, 42 and 44 °C for one hour. Subsequently, the number of living cells per mL was evaluated, their DNA was extracted using DNAzol® to evaluate their fragmentation in agarose gels, and the expression of Hsp70 was analyzed using PAGE-SDS and Western Blot-ECL. Results: A significant decrease in the number of live cells per mL was found in leukocytes exposed to thermal stress and UVA radiation. An increase in Hsp70 expression was also observed by UVA radiation at 1 and 2

hours of exposure, falling at 3 hours, and by heat at 40 and 42 °C, falling at 44 °C. Finally, DNA fragmentation was found in the samples exposed to 2 and 3 hours with UVA radiation and a discrete fragmentation when irradiated for 1 hour with UV radiation and at 44 °C. Conclusion. Ultraviolet radiation and heat generate cell stress, modify the number of living cells, Hsp70 expression and DNA damage in human leukocytes.

KEYWORDS: Stress. Hsp70. Ultraviolet radiation. Leukocytes.

1 INTRODUCCIÓN

Las células de la piel tanto en humanos como en algunos animales sufren estrés debido a la continua exposición a las emisiones solares. Dentro de estas emisiones, las más destacadas son la radiación UV y el calor.

La radiación UV se clasifica en tres tipos dependiendo de su longitud de onda, siendo: UVA de 320-400nm, UVB de 280-320nm y UVC de 100-280nm (Albanil et al., 2014).

Las emisiones de radiación UV tienen efectos adversos sobre la vida en la tierra. La radiación UVA tiene la capacidad de penetrar la capa de ozono hacia la tierra en un 95% y es absorbida en un 70-80% por las células de la dermis y melanocitos de la epidermis basal en la piel, que está formada por queratinocitos, melanocitos, células de Langerhans, nervios sensoriales, vasos sanguíneos por los que pasan leucocitos y eritrocitos, fibroblastos, mastocitos, linfocitos adheridos a los tejidos, fibroblastos, así como otros componentes (Ferramola y Sancovich, 2006).

Las células de la piel expuestas a dosis prolongadas de radiación UV generan especies reactivas de oxígeno y disminuyen los niveles de enzimas antioxidantes que conducen a procesos oxidativos (Ferramola y Sancovich, 2006). Estos procesos inducen modificaciones en el ADN, lípidos y proteínas y, por tanto, provocan envejecimiento celular, cáncer, procesos inflamatorios, entre otras patologías (Hicks et al., 2006). Se conoce que la radiación UVA penetra hasta la dermis altamente vascularizada, donde interactúa con las células inmunológicas (leucocitos), alterando su función (Morales and López-Nevot 2006; González-Púmariega *et al.* 2009). Por esta razón, utilizamos en el presente proyecto los leucocitos y por su alto grado de radiosensibilidad (Bregues et al., 2017; Lumniczky et al., 2018).

La interacción directa de la radiación UV con el ADN genera una Foto-transformación que incide en el establecimiento de puentes de hidrógeno entre las cadenas de la molécula, lo que da lugar a la generación de un bucle entre las bases nitrogenadas de una misma cadena de ADN, lo que podría dar lugar también a rupturas de cadena, así como alteraciones en los procesos de replicación y síntesis de proteínas (Carrasco-Ríos, 2009).

Respecto a las proteínas, los fotones UV promueven transiciones electrónicas, lo que afecta el establecimiento de enlaces químicos entre aminoácidos aromáticos, generando oxidaciones inespecíficas de estos, alterando su conformación y funcionalidad proteica (Carrasco-Ríos, 2009).

Cabe hacer mención que durante la exposición a la radiación solar, recibimos dosis de radiación UVA y UVB, además de una carga calórica importante por los rayos infrarrojos. El calor es uno de los grandes estresores sobre los organismos, afecta la desnaturalización de proteínas y otras moléculas, aumenta la producción de radicales libres y de metaloproteinasas que degradan componentes de matriz extracelular principalmente colágeno generando envejecimiento prematuro en la piel (Pérez-García, 2004; Cho et al., 2009).

Durante diversos procesos de estrés como choque térmico, exposición a metales pesados, especies reactivas de oxígeno, radiación ultravioleta, entre otros, existe un grupo de proteínas que se sobre expresan para recuperar la homeostasis celular al renaturalizar proteínas o al inducir su destrucción cuando son dañadas (Sarkar and Roy, 2017). Este grupo de proteínas se les conoce como de estrés térmico (Hsp). Son una familia de proteínas altamente conservadas a través de la evolución y existen tanto en células eucariontes como procariontes. En condiciones normales ayudan al plegamiento de proteínas, en los procesos de transporte a través de membranas, así como a su integración a diversos organelos. Una familia de Hsp importante es la Hsp70 la cual actúan como chaperonas y juegan un rol importante en la homeostasis de proteínas en la célula (Shacoski, 2012). En condiciones normales la proteína Hsp70 ayudan al plegamiento de proteínas en condiciones normales, en procesos de transporte a través de membranas, así como a su integración a diferentes orgánulos, y durante el estrés pueden renaturalizar proteínas dañadas o inducir las a su destrucción cuando el daño es catastrófico, lo que aumenta considerablemente la tolerancia celular al estrés (Shacoski, 2012).

Por lo antes expuesto, es de capital importancia entender como la radiación UVA y el calor afectan la supervivencia celular debido al estrés que producen. El objetivo de presente estudio fue determinar el cambio en el número de células vivas, el daño en el ADN y la expresión de Hsp70 en leucocitos humanos expuestos a radiación UVA y calor.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 MODELO DE ESTUDIO

Se utilizaron leucocitos Humanos, los cuales fueron seleccionados por su alto grado de sensibilidad a las radiaciones tanto ionizantes como no ionizantes y por su fácil obtención (Shidham & Swami, 2000; Brengue *et al.*, 2017; Lumniczky *et al.*, 2018).

Las muestras sanguíneas fueron de voluntarios sanos con una edad de 20-30 años, se colectaron por punción en la vena cefálica utilizando tubos Vacutainer® con EDTA (n = 5).

2.2 OBTENCIÓN DE LEUCOCITOS

Se llevó a cabo por gradiente de Ficoll Histopaque® (SIGMA-ALDRICH® 10771). Hecho esto, se procedió a realizar alícuotas de 500 µL de los leucocitos en medio RPMI® (con un promedio de 100,000 células) en tubos eppendorf para exponerlos a radiación UVA.

2.3 EXPOSICIÓN A RADIACIÓN UVA

Los leucocitos fueron expuestos a radiación UVA en los tiempos: 1, 2 y 3 horas utilizando una lámpara de radiación UV Handelheld® con un potencial de exposición de radiación UVA de 8W a 365nm. Como control se utilizaron leucocitos no irradiados (0 horas).

2.4 NÚMERO DE CÉLULAS VIVAS

Se realizó un conteo de células vivas por cada mililitro de solución mediante conteo en cámara de Neubauer y utilizando el método de exclusión de azul de tripán (Strober, 2001). Todo lo anterior fue una hora después de la irradiación.

2.5 LISIS CELULAR

Cada muestra de leucocitos fue homogenizada en tubos Eppendorf con 500 µL de buffer de lisis (Tritón X-100 al 1%, NaCl 140 mM, EDTA 1 mM, Tris-HCl 10 mM pH 7.6) con inhibidor de proteasas 1 mM, PMSF (Sigma Chemical Co, St Louis MO, USA, P-7626), realizando inversiones sucesivas. El lisado celular se centrifugó por 10 minutos a 10,976 gravedades y el sobrenadante se recuperó para determinar la concentración de proteínas. La cuantificación de proteína se realizó mediante la técnica descrita por Bradford (1976), para garantizar que se evaluará la misma cantidad de proteína de cada muestra por PAGE-SDS.

2.6 CARACTERIZACIÓN DE PROTEÍNAS POR PAGE-SDS

De cada condición experimental, 20 µg de proteína fueron caracterizadas por PAGE-SDS al 7.5% de acuerdo con la técnica descrita por Laemmli en 1970 (He, 2011).

2.7 WESTERN BLOT E INMUNODETECCIÓN

Las proteínas en los geles de poliacrilamida-SDS se transfirieron a membranas de nitrocelulosa (Amersham, RPN303C), tal como describió Towbin en 1979. Las membranas fueron bloqueadas con PBS-Caseína al 3% durante toda la noche, después, se lavaron con PBS e incubaron con anticuerpos monoclonales para identificar Hsp70 (SC-24 Santa Cruz Biotechnology®) en dilución 1:1000 en solución bloqueadora, por 1 hora. Posteriormente para identificar la unión del primer anticuerpo a la proteína de interés, las membranas se incubaron con un segundo anticuerpo anti-ratón IgG-HRP conjugado a peroxidasa (SC-2005 Lot.F0412 Santa Cruz Biotechnology®). La unión antígeno-anticuerpo fue observada mediante colorimetría empleando Diaminobencidina (0.1%) activada con peróxido de hidrógeno, observando la aparición de bandas de color café, las cuales se analizaron con un foto-documentador marca Bio-Rad® (Image Lab Bio-Rad® Laboratorios) empleando el software Image Lab versión 2.0.1 build 18 (Copyright© 2009 de Bio-Rad® Laboratories), para obtener su densidad óptica con la finalidad de cuantificar el nivel de expresión de Hsp70 en cada muestra.

2.8 EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD DE ADN

Para el aislamiento de ADN genómico, se tomó una alícuota de 500 µL de cada muestra al cual se le adiciono reactivo DNAzol® (Regent GibcoBRL) para lisar. Después, el ADN genómico se precipito mediante etanol absoluto frio. Tras un lavado con etanol (75%), el ADN se disolvió en NaOH 8 mM para ser re-suspendido. Posteriormente el ADN se cuantificó por espectrofotometría (a 260 nm) utilizando un Nanodrop® (thermo scientific), para garantizar la misma concentración de ADN de cada muestra, posteriormente se realizó el corrimiento del ADN en geles de agarosa y se evaluó su integridad.

El ADN se caracterizó en geles de agarosa (0.8%) en buffer TAE 1X (Tris ácido etilendiamin tetracético, 5 M, pH 8) con bromuro de etidio para revelarse, preparando las muestras con buffer de carga y colocándose en el gel junto con un marcador de peso molecular para correrse a 80 Volts por una hora, posteriormente se observaron los geles en el foto-documentador Bio-Rad® (descrito anteriormente) para evaluar su integridad.

La integridad o degradación del ADN se observó en el gel de agarosa utilizando el siguiente criterio: Si el ADN esta integro, se observa una banda estrecha cercana al pozo en que se colocó la mezcla de ADN. Si está fragmentado, se observará una banda de más de un cm de ancho o un sendero luminoso en el carril de la muestra (Cornejo *et al.*, 2014).

2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos los experimentos fueron llevados a cabo por triplicado, los análisis estadísticos se realizaron utilizando los programas Microsoft Excel® y GraphPad Prism 8.0.1®. Respecto al número de células vivas por mililitro, primero se normalizaron los datos respecto al valor de cada control, posteriormente se evaluó las diferencias entre los grupos experimentales mediante un análisis de varianza unidireccional (ANOVA), seguido de pruebas T, donde se compararon los grupos experimentales respecto a sus controles.

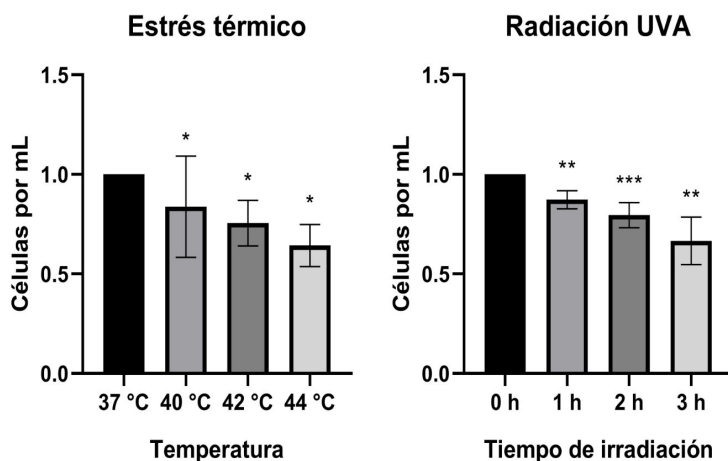
Los gráficos que comparan las diferencias entre los grupos experimentales fueron diseñados mediante GraphPad Prism 8.0.1®, y expresados como media \pm error estándar, considerándose estadísticamente significativos valores de $p \leq 0.05$.

3 RESULTADOS

3.1 NÚMERO DE LEUCOCITOS VIVOS EXPUESTOS A ESTRÉS TÉRMICO Y RADIACIÓN UVA

Se evaluó el número de leucocitos vivos expuestos a estrés térmico y radiación UVA, encontrándose para estrés térmico, una caída progresiva en las medias celulares respecto al control a los 40, 42 y 44°C. De igual manera respecto a la exposición a radiación UVA, se observó una caída progresiva en las medias celulares a la 1, 2 y 3 horas con radiación UVA (**figura 1**).

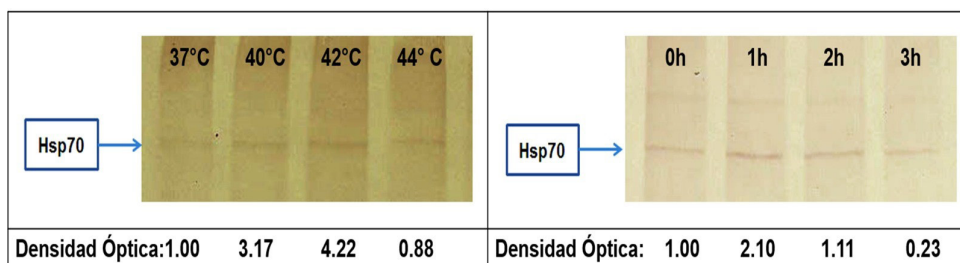
Figura 1. Medias \pm error estándar del número de leucocitos vivos al ser expuestos a estrés térmico y radiación UVA.



3.2 EXPRESIÓN DE HSP70 EN LEUCOCITOS HUMANOS EXPUESTOS A ESTRÉS TÉRMICO Y RADIACIÓN UVA

Al analizar la expresión de Hsp70, se observó un aumento en las densidades ópticas por la expresión de esta proteína en estrés térmico a 40 y 42, decayendo a lo 44°C y por radiación UVA a la 1 y 2 hora de irradiación, decayendo a las 3 (figura 2).

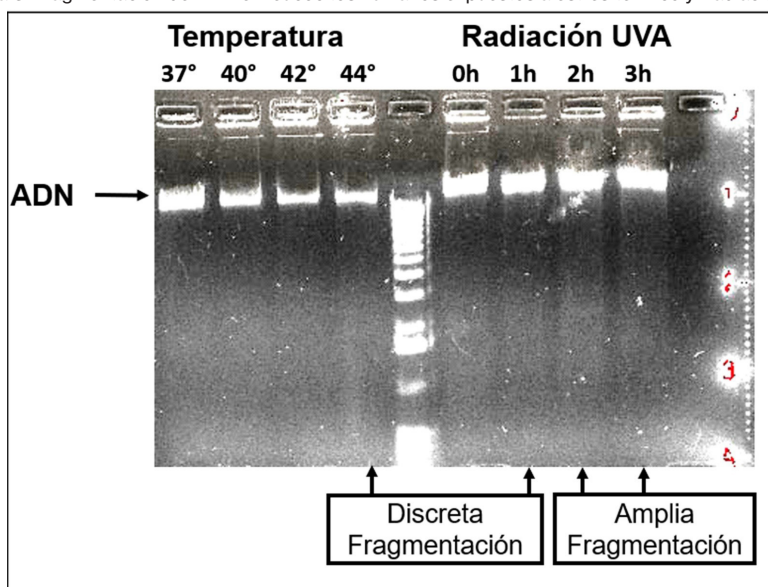
Figura 2. Densidad óptica de la expresión de Hsp70 en leucocitos humanos expuestos a estrés térmico y radiación UVA.



3.3 FRAGMENTACIÓN DEL ADN EN LEUCOCITOS HUMANOS EXPUESTOS A ESTRÉS TÉRMICO Y RADIACIÓN UVA

Al analizar el daño al ADN por estrés térmico y radiación UVA, se observaron fragmentaciones amplias en las muestras expuestas a 2 y 3 horas de con radiación UVA, así como una fragmentación muy discreta en las muestras expuestas a 1 hora de radiación UVA y a 44 °C (figura 3).

Figura 3. Fragmentación de ADN en leucocitos humanos expuestos a estrés térmico y Radiación UVA.



4 DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio fue determinar el cambio en el número de células vivas, el daño en el ADN y la expresión de Hsp70 en leucocitos humanos expuestos a radiación UVA y estrés térmico.

Al analizar el número de leucocitos humanos vivos sometidos a radiación UVA y a estrés térmico, las poblaciones celulares disminuyeron conforme aumentó el tiempo y temperatura de exposición, lo cual infiere muerte celular por la exposición a estos factores, coincidiendo con los registros de otros autores e incluso utilizando modelos tanto animales como vegetales (Carrasco-Ríos, 2009; Sayed et al., 2018), se cree que esta muerte celular por la exposición a radiación UV puede producirse mediante apoptosis, ya que varios autores reportan este fenómeno tanto en células mononucleares de sangre periférica humana, como en células Jurkat y leucocitos de ratas tratadas con radiación UVA por medio de fotoféresis (Yoo et al., 1996; Wolnicka-Głubisz et al., 2002), así como en neutrófilos irradiados con radiación UVB (Grbatinić & Milošević, 2016). Por otro lado cuando sometimos a calor los leucocitos, se observó una discreta pero significativa disminución de células vivas. El calor genera estrés celular, que de acuerdo a Pérez-García (2004) y Cho et al., (2009) induce la generación de radicales libres y metaloproteinasas que conducen a un envejecimiento celular prematuro y una posible muerte celular.

Al observar el comportamiento en la expresión de Hsp70 que es un bioindicador de estrés celular (Mayer, 2013; Multhoff et al., 2015), encontramos un incremento de esta proteína por exposición a radiación UVA a la una y dos horas y un decaimiento a las tres horas, esta última indicándonos que la célula no estaba respondiendo porque posiblemente se activó un proceso de muerte. Estos resultados coinciden con otros estudios en diferentes modelos experimentales sometidos con luz UV como en células epidérmicas (NHK, células A431, NHM y SK30) que mostraron una expresión de Hsp70 alta y no más regulación después de la irradiación con UVA (Roh et al., 2008); así mismo se ha observado en corneas de ratón sometidas a radiación UVB una elevación en la proteína Hsp70 (Lennikov et al., 2013); otro estudio en queratinocitos de ratones transgénicos irradiados con UVB, se observó un aumento en la expresión de Hsp70 y una disminución de esta en las dosis mayores (Matsuda et al., 2010); al igual que para embriones de erizo (*Paracentrotus lividus*) expuestos a luz UVB presentaron una elevación en la proteína Hsp70 (Bonaventura et al., 2006).

Al evaluar la fragmentación al ADN, se encontró que dicho material se degradaba en mayor medida por la exposición a radiación UV, siendo más evidente conforme aumentó

el tiempo de irradiación, este daño al ADN por UVA coincide con reportes de Martínez *et al* (2017), en donde se demostró la existencia de varios mecanismos que dañan al ADN por la exposición a radiación UVA, así también por lo reportado por Sayed (2018), el cual observó que al irradiar células sanguíneas de *Clarias gariepinus* con radiación UVA, se inducía daño al ADN, el cual se incrementa al aumentar la dosis de exposición.

5 CONCLUSIÓN

La radiación ultravioleta y el calor generan estrés celular al alterar el número de células vivas, la expresión de Hsp70 y al generar daño en el ADN en los leucocitos humanos.

REFERENCIAS

Albanil Encarnación Adelina, Pascual Ramírez Reynaldo, Bello Jiménez Brenda. Reporte del Clima en México [en línea] 2014 Enero [fecha de acceso 26 de Febrero de 2018];1(1):[apx20p] disponible en <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2014.pdf>.

Bonaventura, R., Poma, V., Russo, R., Zito, F. & Matranga, V. (2006). Effects of UV-B radiation on development and hsp70 expression in sea urchin cleavage embryos. *Marine Biology*, 149, 79-86.

Bradford MM. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1):248-54. DOI: 10.1006/abio.1976.9999

Bregues M, Lapierre A, Bourcier C, Pèlerin A, Özsahin M, Azria D. (2017). T lymphocytes to predict radiation-induced late effects in normal tissues. *Expert Review of Molecular Diagnostics*, 17(2):119-127. doi: 10.1080/14737159.2017.1271715.

Bregues M, Lapierre A, Bourcier C, Pèlerin A, Özsahin M, Azria D. (2017). T lymphocytes to predict radiation-induced late effects in normal tissues. *Expert Review of Molecular Diagnostics*, 17(2):119-127. doi: 10.1080/14737159.2017.1271715.

Carrasco-Ríos, L. (2009). Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas. *IDESIA*, 27 (3): 59-70.

Cho, S., Shin, M. H., Kim, Y. K., Seo, J.-E., Lee, Y. M., Park, C.-H., & Chung, J. H. (2009). Effects of infrared radiation and heat on human skin aging in vivo. *The Journal of Investigative Dermatology. Symposium Proceedings*, 14(1), 15-19.

Cornejo A, Serrato B, Rendón MG. (2014). Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos. Primera ed. Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 251. ISBN: 978-607-8246-72-4.

Ferramola SAM y Sancovich HA. (2006). Interacciones de las radiaciones electromagnéticas y especies reactivas de oxígeno sobre la piel. *Rev Argent Dermatol*, 87: 113-120.

González-Púmariega M.; Tamayo MV.; Sánchez-Lamar Á. (2009). La radiación ultravioleta. su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. *Ultraviolet radiation and its incidence in the human health*, 18(2):69-80.

Grbatinić I, Milošević NT. (2016). Incipient UV-Induced Structural Changes in Neutrophil Granulocytes: Morphometric and Texture Analysis of Two-Dimensional Digital Images. *Microscopy and Microanalysis*, 22(2):387-93. DOI:10.1017/S1431927616000532.

He F. (2011). Laemmli-SDS-PAGE. *Bio-protocol*, e80-e80. doi: 10.21769/BioProtoc.80.

Hicks JJ, Torres-Ramos YD, Sierra-Vargas MP. (2006). Estrés oxidante. Concepto y clasificación. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 14(4): 223-226.

Lennikov, A., Kitaichi, N., Kase, S., Noda, K., Horie, Y., Nakai, A., Ohno, S. & Ishida, S. (2013). Induction of heat shock protein 70 ameliorates ultraviolet-induced photokeratitis in mice. *International journal of molecular sciences*, 14, 2175-2189.

Lumniczky K, Candéias SM, Gaipf US, Frey B. (2018). Radiation and the Immune System: Current Knowledge and Future Perspectives. *Frontiers in Immunology*, 8,1933. doi:10.3389/fimmu.2017.01933.

Lumniczky K, Candéias SM, Gaipf US, Frey B. (2018). Radiation and the Immune System: Current Knowledge and Future Perspectives. *Frontiers in Immunology*, 8,1933. doi: 10.3389/fimmu.2017.01933.

Martinez-Fernandez L, Banyasz A, Esposito L, Markovitsi D, Improtta R. (2017). UV-induced damage to DNA: effect of cytosine methylation on pyrimidine dimerization. *Signal Transduct Target Therapy*, 2(1):1-7. DOI: 10.1038/sigtrans.2017.21.

Matsuda, M., Hoshino, T., Yamashita, Y., Tanaka, K.-I., Maji, D., Sato, K., Adachi, H., Sobue, G., Ihn, H., Funasaka, Y. & Mizushima, T. (2010). Prevention of UVB radiation-induced epidermal damage by expression of heat shock protein 70. *The Journal of biological chemistry*, 285, 5848-5858.

Mayer MP. (2013). Hsp70 chaperone dynamics and molecular mechanism. *Trends in Biochemical Sciences*, 38(10):507- 14. doi: 10.1016/j.tibs.2013.08.001.

Morales CM.; López-Nevot MA. (2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología*, 29:25-32.

Multhoff G, Pockley AG, Schmid TE, Schilling D. (2015). The role of heat shock protein 70 (Hsp70) in radiation-induced immunomodulation. *Cancer Letters*, 368(2):179-184. DOI: 10.1016/j.canlet.2015.02.013.

Pérez-García, LJ. (2004). Metaloproteínas y Piel. *Acatas. Dermo-Sifiligráficas*, 95;7:413-426.

Roh, B. H., Kim, D. H., Cho, M. K., Park, Y. L. & Whang, K. U. (2008). Expression of Heat Shock Protein 70 in Human Skin Cells as a Photoprotective Function after UV Exposure. *Annals of dermatology*, 20, 184-189.

Sarkar, S. & Roy, S. (2017). A mini review on heat shock proteins (HSPs): special emphasis on heat shock protein70 (HSP70). *BN Seal Journal of Science*, 9;1: 130-9.

Sayed AE-DH. (2018). UVA-Induced DNA Damage and Apoptosis in Red Blood Cells of the African Catfish *Clarias gariepinus*. *Photochemistry and Photobiology*, 94(1):158-64. DOI: 10.1111/php.12818.

Shacoski, J.C. (2012). Proteínas de choque térmico como marcadores de estrés celular en espermatozoides de mamíferos (Tesis Doctoral). Proquest LLC. Universidad de Davis California. UE.

Shidham VB, Swami VK. (2000). Evaluation of Apoptotic Leukocytes in Peripheral Blood Smears. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 124(9):1291-1294. DOI: 10.5858/2000-124-1291-EOALIP.

Strober, W. (2001). Trypan Blue Exclusion Test of Cell Viability. *Curr. Protoc. Immunol.* Appendix 3: Appendix 3B. doi:<https://doi.org/10.1002/0471142735.ima03bs21>.

Towbin H, Staehelin T, Gordon J. (1979). Electrophoretic transfer of proteins from polyacrylamide gels to nitrocellulose sheets: procedure and some applications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 76(9):4350-354. doi: 10.1073/pnas.76.9.4350.

Wolnicka-Głubisz A, Rijnkels JM, Sarna T, Beijersbergen van Henegouwen GMJ. (2002). Apoptosis in leukocytes induced by UVA in the presence of 8-methoxypsoralen, chlorpromazine or 4,6,4'-trimethylangelicin. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 68(2):65-72. doi: 10.1016/s1011-1344(02)00332-9.

Yoo E, Rook A, Elenitsas R, Gasparro F, Vowels B. (1996). Apoptosis Induction by Ultraviolet Light A and Photochemotherapy in Cutaneous T-Cell Lymphoma: Relevance to Mechanism of Therapeutic Action. *Journal of Investigative Dermatology*, 107(2):235-242. DOI: 10.1111/1523-1747.ep12329711.

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