



2-4 noviembre de 2022

Escuela Técnica Superior de Ingenier a Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, España

Organizado por:

Universidad Politécnica de Madrid: ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas
y el Centro de Tecnología Biomédica
Red Iberoamericana Bioelectromagnetismo
Universidad de Caldas, Colombia

Patrocinado por:

Universidad Politécnica de Madrid
Laboratorios Biotronik
PneumaResearch

**Imprime el Servicio de Reprografía de la
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas
Avda. Puerta de Hierro 2-4, 28040 Madrid**

ISBN: 978-84-122114-5-0

Depósito Legal: M-26367-2022

PRÓLOGO

En este 4º Congreso Iberoamericano de Magnetobiología volvemos a reunirnos, de forma presencial y on-line, en la Universidad Politécnica de Madrid, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas celebrado los días 2, 3 y 4 de noviembre de 2022. Participan en su organización la Red Iberoamericana de Bioelectromagnetismo que agrupa a Universidades de más de 12 países, el Centro de Tecnología Biomédica y la ETSIAAB ambos de la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad de Caldas de Colombia. Nuestros centros de investigación, nuestras Universidades en España e Iberoamérica cuentan con numerosos investigadores en este área. Nuestro principal objetivo radica en ser un foco de transmisión de conocimiento y un vehículo de interacción, conexión y formación de nuestros estudiantes permitiendo intercambios de investigadores, teorías, tecnología y avances en este campo.

Este ámbito de investigación, escasamente conocido por la comunidad científica, está adquiriendo importancia por el uso masivo del espectro electromagnético en la nueva sociedad digitalizada de las comunicaciones. Se está avanzando en el estudio las interacciones entre los campos magnéticos y electromagnéticos y los diferentes sistemas biológicos, su influencia y consecuencias, así como el uso de estos campos artificiales en aplicaciones terapéuticas cada vez de mayor relevancia y aplicación en el ámbito de la medicina, la agricultura o la investigación básica. Conocedores de la preocupación de la población por la contaminación electromagnética pretendemos aportar conocimiento sobre los riesgos que conlleva y su prevención. Las ponencias abarcan las áreas:

- *Aplicaciones de campos magnéticos en Agricultura*
- *Campos electromagnéticos medioambientales y aplicaciones sobre tejidos celulares*
- *Aplicaciones de campos electromagnéticos en Medicina*

Os damos la bienvenida a la ciudad de Madrid y estamos seguros que sabréis disfrutar de la cálida hospitalidad de Madrid, que sabe acoger a todos sus visitantes, por su tesoro cultural y lugares de interés, su riqueza en Museos, parques y jardines, comercio, por su calidad gastronómica y de su gente siempre colaboradora.

Agradecemos vuestro interés y participación en este Congreso.

El Comité Organizador

Comité Organizador y Científico

Dr. Ceferino MaestúUnturbe

Dr. en Medicina y Cirugía por la Universidad de Alcalá, Master en Bioelectromagnetismo y especialista en ingeniería biomédica. Director del laboratorio de Bioelectromagnetismo del centro de tecnología Biomédica CTB de la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor en el grado de ingeniería biomédica, donde imparte las asignaturas de fisiología y fisiopatología. En el grado de Ingeniería de lasTecnologías y Servicios de Telecomunicaciónimparte las asignaturas de Bioelectromagnetismo e Introducción a la Ingeniería Biomédica.

Dra. M^a Victoria Carbonell Padrino

Dra. Ingeniero Agrónomo, Profesora Titular del Dpto. de Ingeniería Agroforestal de la Universidad Politécnica de Madrid, España, imparte clase de Física en el Grado de Biotecnología. Investigadora del Grupo Bioelectromagnetismo Aplicado a la Ingeniería Agroforestal en la que se pretende incorporar nuevas técnicas físicas, basadas en el tratamiento magnético, a la producción agraria y conservación de los recursos naturales.Durante los más de 25 años de trayectoria profesional, ha realizado investigaciones de la aplicación de campos magnéticos estacionarios y su influencia en germinación de semillas y crecimiento de plantas, participando en numerosos Congresos y cuenta con numerosas publicaciones científicas en revistas de impacto.

D. Javier I. Torres Osorio

Profesor asociado, adscrito a la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia e investigador asociado Minciencias. Ha desarrollado proyectos de investigación sobre campos electromagnéticos aplicados y proyectos sobre la implementación de equipo especializado de laboratorio dirigido a la generación y caracterización de campos magnéticos y electromagnéticos.

Conferenciantes invitados

Dr. DariuszLeszczynski

PhD. Profesor de Bioquímica de la Universidadde Helsinki, Finlandia. Editor Jefe de la especialidad 'Radiación y Salud' de la revista 'Frontiers in PublicHealth', Lausanne, Suiza. Experto reconocido internacionalmente en los campos de la Biología y los efectos de las radiaciones emitidas por sistemas de telecomunicación.

Dr. Marco Markov

Profesor de Física, Biofísica y Medio Ambiente de la Universidad de Sofía, Bulgaria. Autor de un libro sobre “Beneficios y Riesgos de la Ciencia y la Naturaleza”. Cofundador de Sociedad Internacional de Bioelectricidad, Asociación Europea de Bioelectromagnetismo (EBEA), y de las Sociedades Internacionales de Biomagnetismo y de Bioelectromagnetismo. Reconocido como uno de los mayores expertos en la aplicación clínica de campos electromagnéticos.

Dr. Igor Belyaev

Máster Ingeniero Físico, especialidad en Radiaciones Físicas y Dosimetría por la Universidad Técnica de Moscú. Miembro de los Grupos de Trabajo: Proyecto Internacional de Electromagnetismo de la Organización Mundial de la Salud; Agencia Internacional de Investigación en cáncer (IARC), Grupo de dialogo de Electromagnetismo, productos y sistemas de salud, evaluación de riesgos de la salud; Director General de la Comisión Europea; Comité de la Sociedad de Bioelectromagnetismo; Comité Nacional suizo para la Radio ciencia; Comité Ruso Nacional de Protección de Radiaciones no ionizantes; Grupo de EMF de la Academia Europea de Medicina Medioambiental (EUROPAEM); Instituto Europeo de cáncer e investigación medioambiental (ECERI); Asociación Europea de Investigación del cáncer.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la Universidad Politécnica de Madrid por la subvención aportada para la celebración de este Congreso. A la Fundación Premio Arce por su colaboración y tramitación de recursos. A la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas por su implicación en la celebración del Congreso en sus instalaciones. Al Centro de Tecnología Biomédica de la UPM por su colaboración esencial en labores de Organización.

En particular, agradecemos la ayuda recibida de los Laboratorios **Biotronik**, especialmente a Adolfo Domínguez y Carla Sandoval por su implicación en la gestión de la subvención. Empresa privada de ámbito mundial que dispone de productos y servicios para enfermedades cardiovasculares. Nuestro agradecimiento a los Laboratorios de Investigación y Desarrollo **PNeumaResearch** centrada en investigación de alta calidad en ciencias exactas y naturales, así como el asesoramiento, ejecución, estudio y realización de todo tipo de proyectos en sectores de telecomunicación, energías diversas, medioambientales, biomedicina y nanomedicina. Además del desarrollo, asesoramiento, ejecución, presentación y valoración de proyectos relacionados con los sectores mencionados.

Con la colaboración de los estudiantes de Grado de Ingeniería Biomédica y Postgrado:

Isabel López de Mingo, Carlos Blanco, Angélica Casero, Lara Rodríguez, Alexandra Amuneke y Grace Pritchard

ÍNDICE

Aplicaciones de campos magnéticos y eléctricos en agricultura

Javier Torres Osorio, Mayra Herrera, Daniel Mejía <i>Análisis del efecto del tratamiento magnético de semillas sobre la germinación y el desarrollo de plántulas obtenidas de semillas tratadas magnéticamente</i> Grupo de investigación en Magnetobiología, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.....	11
José Álvarez, Elvira Martínez, Mercedes Flórez, M ^a Victoria Carbonell, Francisco Alonso <i>Estudio y modelización del proceso de germinación de semillas de triticale sometidas a magneto-priming y estrés hídrico y salino.</i> Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Madrid, España....	12
Julio Antonio Gutiérrez, Claudia Hernández, Arturo Domínguez. <i>Metodología de despliegue de función de calidad en el diseño de sistema magnético para acondicionamiento de semilla de brócoli (Brassicaoleracea).</i> Instituto Politécnico Nacional. ESIME Zacatenco. SEPI-Sistemas Biofísicos México	13
Rodrigo Acuña, Yonathan Risco <i>Efecto de la estimulación de campos magnéticos en semillas de cebolla (Allium cepa L.) sobre el rendimiento del cultivo</i> Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias. Campus Isla Teja, Valdivia, Chile.	14
Florencia Guerra, Lucas Feroni, Moira I. Dolz, Leonardo Makinistian <i>Static magnetic field stimulates growth of maize seeds.</i> Instituto de Física Aplicada. Universidad Nacional de San Luis. Argentina.....	15
Claudia Hernández, David A. Saucedo, Arturo Domínguez <i>Campo electromagnético en tortillas adicionadas con rábano negro(Raphanussativus): Calidad sanitaria y colorimetría.</i> Instituto Politécnico Nacional. ESIME Zacatenco. SEPI-Sistemas Biofísicos, México.....	16
Abraham O. Rodríguez, Erick Freeze, Deyanira Quistian, J. Antonio Heredia, Ricardo Gómez, David La Fuente, Omar Heredia, Alberto Valadez <i>Effect of Low-frequency electromagnetic fields on enzyme activity of oxidative stress in tobacco plants</i> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. UNAM, México.....	17
M ^a Victoria Carbonell, José Álvarez, Mercedes Flórez, Elvira Martínez, Elena Montoya <i>Bioelectromagnetismo y seres vivos, su influencia en la germinación de alfalfa.</i> Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Madrid, España....	18

Aplicaciones de campos electromagnéticos medioambientales y aplicaciones sobre tejidos celulares

Igor Belyaev

Biological & health effects of non-ionizing radiation that is used by 5G

Department of Radiobiology, Cancer Research Institute, Biomedical Research Center,
Slovak Academy of Science, Bratislava, Slovak Republic (Eslovenia) 19

Marco X. Rivera, Nazario F. González, Isabel López de Mingo, Fátima Jerez Arroyo,
Ceferino Maestú

*Dispositivo compacto para caracterización y registro de campos electromagnéticos en el
rango de frecuencias comprendidas entre 78 MHz y 6 GHz con resolución de ancho de 300
KHz*

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación UPM. Laboratorio de
Bioelectromagnetismo, Centro de Tecnología Biomédica,
Universidad Politécnica de Madrid..... 20

Leonardo Mesa, Alejandro A. Bordelois Cayamo, Jorge L. García Rodríguez

Magnetic bed for the treatment of different soma diseases: Design and stimulation.

Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado y Centro Biofísica Médica.
Universidad de Oriente, Santiago de Cuba..... 21

Isabel López, Marco Rivera, Nazario F. González, Ceferino Maestú

*Control de los parámetros de exposición como principal problema de los estudios in
vitro celulares: propuesta de una configuración de exposición.*

Centro de Tecnología Biomédica, Universidad Politécnica de Madrid... 22

Aplicaciones de campos magnéticos en medicina y en animales.

Amanda Moya

The effect of ELF-EMS in a model of ischemia/reperfusion

Universidad de Hasselt, Bélgica y Universidad de Cuba... 23

Leticia Quesnel, Patricia V. Torres-Duran, Leticia Verdugo

*Efecto de los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja en el cerebro de
ratas estresadas.*

Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma
de México. 24

Julietta Baigorria, Caín Mariano González Burnet, Moira I. Dolz, Leonardo Makinistian.

*Sistema de alto rendimiento para la búsqueda de campos magnéticos antibióticos: diseño
y avances en su desarrollo.*

Departamento de Física, Universidad Nacional de San Luis (UNSL), San Luis,
Argentina. Instituto de Física Aplicada (INFAP), Universidad Nacional de San Luis (UNSL)-
CONICET, San Luis, Argentina... 25

Marko S. Markov. <i>Benefit and hazard of electromagnetic fields</i> Research International, Buffalo NY, USA.....	26
Dariusz Leszczynski <i>Individual sensitivity to electromagnetic fields: Biochemical studies are the only reasonable way forward</i> University of Helsinki. Uusimaa, Finlandia	27
Narciso Villar, Jorge L. García, Maraelys Morales, Beatriz Olivares, Dasha, Enaide Maine <i>Efficacy of direct current generated by multiple-electrode arrays on F3II mammary carcinoma: Experiment and mathematical modeling</i> Universidad Autónoma de Santo Domingo y Universidad Católica del Cibao, República Dominicana, Universidad de Oriente, Cuba	28
María Luisa Hernández Bule, María Antonia Martínez, María Ángeles Trillo, Elena Toledano Macías, Alejandro Úbeda <i>Efectos citostáticos de corrientes subtérmicas de radiofrecuencia sobre células de cáncer humanas</i> Servicio de Bioelectromagnetismo, Hospital Universitario Ramón y Cajal. Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria (IRYCIS), Madrid... ..	29
M ^a Antonia Martínez, Alejandro Úbeda y M ^a Ángeles Trillo <i>Mecanismos de respuesta proliferativa de células de cáncer humano a campos magnéticos débiles de 50 Hz</i> Servicio Bioelectromagnetismo Radiaciones No ionizantes BEM-RNI. Hospital Universitario Ramón y Cajal (IRYCIS) España... ..	30
<i>Aplicaciones de campos electromagnéticos en medicina.</i>	
José Luis García Bello. <i>Bioelectrical impedance and principal component analysis combined with clinical and functional variables in newly diagnosed lung cancer adult patients</i> Universidad de Oriente. Cuba.....	31
Esmirna Cascaret <i>Effectiveness of conventional therapy and electromagnetic field-60 Hz on post-traumatic knee synovitis in competitive sports.</i> Universidad de Oriente. Cuba.....	32
Ceferino Maestú Unturbe. <i>¿Pueden los campos electromagnéticos modular la actividad biológica?</i> Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid. Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Centro de Tecnología Biomédica, Universidad Politécnica de Madrid, España.....	33

Resúmenes correspondientes a Póster

- Francisco Alonso, M^a Victoria Carbonell, Mercedes Flórez, Elvira Martínez, José Álvarez, María del Mar Delgado
Pretratamiento de semillas de lechuga con campos magnéticos y agua regenerada: Efecto en la germinación
 Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Madrid, España 35
- Angelina Muhova, Stefka Stefanova-Dobreva, Kiril Sirakov
Triticale (Triticosecale Wittm.) grain yields after pre-sowing electromagnetic seeds stimulation for the purposes of ecological agriculture
 Field Crops Institute, Chirpan, Agricultural Academy, Bulgaria. University of Ruse "Angel Kanchev", Ruse, Bulgaria... 36
- Kiril Sirakov, Ana Stoilova, Ivan Palov
Influence of Pre-Sowing Electromagnetic Treatments on Yields of Bulgarian Wheat and Cotton Varieties
 Angel Kanchev" University of Ruse, Ruse, Bulgaria. Field Crops Institute, Chirpan, Agricultural Academy, Sofia, Bulgaria... 37
- Brenda K. Franco, Claudia Hernández, Arturo Domínguez, MCJ. Pérez
Campo magnético en la calidad sanitaria de la fresa (Fragaria ananassa) en post-cosecha
 Instituto Politécnico Nacional-Esime, Zacatenco-Posgrado de ingeniería de SISTEMAS, México. Fes Cuautitlán UNAM, México... 38
- Carlos P. Ortiz, Arturo F. Méndez, Arturo Domínguez
Campos magnéticos aplicados a micropartículas de Carbonilo de hierro
 Instituto Politécnico Nacional, ESIT, ESFM, México. ³Instituto Politécnico Nacional, SEPI-ESIME, Zacatenco, Posgrado en Ingeniería de Sistemas, CDMX, México..... 39
- Blanca Murillo, Luis Ortiz, Ana Signoret, Manuel González, Sandra Martínez
Efecto de la meditación gamma dentro de una cámara de sanación
 Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica, UMAE Bajío IMSS. Asociación de Neurociencias y Desarrollo Humano Tlamilizcalli, México..... 40
- Marina Sáez, M^a Luisa Tormo, Alejandro Úbeda M^a Teresa Macías
Recomendaciones de la Sociedad Española de Protección Radiológica para la minimización de la exposición a las emisiones de los teléfonos celulares
 Comisión Jóvenes de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). Unidad de Comunicación, Grupo de Trabajo en Radiaciones No Ionizantes y Junta Directiva de la SEPR. Madrid, España... 41

Tabla, E.; Solís, B.; Verdugo, L.; Navarro, L; Estrada F <i>Efecto de los campos magnéticos estáticos en algunos marcadores de estrés oxidativo y en la conducta motora en la recuperación ante un TCE en un modelo murino.</i> Lab. Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología y Lab. de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM, México... ..	42
Yadira Silveira, Yadenis Ortega, Ann Cuypers, Elizabeth Isaac Alemán¹, Dries Vandamme <i>Magnetic fields on the microalgae cultures: Theories that explain their behavior</i> Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente, Cuba. University of Hasselt, Environmental Biology, Centre for Environmental Sciencey University of Hasselt, CMK, IMO, Analytical and Circular Chemistry (ACC) de Bélgica... ..	43
Viviana Pimiento, Ely Dannier V.-Niño, Stelia C. Méndez, David A. Miranda, Mario Negrette <i>Evaluación de los efectos de campos magnéticos sobre el consumo de oxígeno en mitocondrias de hígado de rata</i> Universidad Industrial de Santander, Colombia.	44
Irving Eduardo Palma, Rodrigo Acosta, Marina Martínez, Leticia Verdugo <i>Efecto de la estimulación magnética transcraneal repetitiva en un modelo de depresión en rata. Participación del sistema dopaminérgico</i> Universidad Nacional Autónoma de México	45
Abraham O. Rodríguez-De la Fuente, Erick Freeze-Gallardo, Deyanira Quistian-Martínez, J. Antonio Heredia-Rojas, Ricardo Gómez-Flores, David La Fuente-Rincón, Omar Heredia- Rodríguez, Alberto Valadez-Lira. <i>Efecto de campos electromagnéticos de baja frecuencia sobre la actividad enzimática del estrés oxidativo en plantas de tabaco</i> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México... ..	46

PONENCIAS

Aplicaciones de campos magnéticos y eléctricos en agricultura

Análisis del efecto del tratamiento magnético de semillas sobre la germinación y el desarrollo de plántulas obtenidas de semillas tratadas magnéticamente

Javier TorresOsorio¹, Mayra Herrera¹ y Daniel Mejía¹

El tratamiento magnético de semillas (TMS) se perfila como una práctica biotecnológica para mejorar los sistemas de producción agrícola, dado el potencial para generar cambios en los procesos de germinación y plantulación sobre diferentes especies. Este trabajo tiene como objetivo presentar el análisis general de los resultados experimentales obtenidos durante 12 años sobre algunos procesos germinativos de diferentes especies, y el desarrollo del sistema radical y aéreo de plántulas de *Solanumlycopersicum* L, generadas por TMS. Para conocer el efecto del TMS sobre la germinación se midió el t_{50} y para entender qué mecanismos biofísicos o bioquímicos han sido modificados se realizaron mediciones de absorción, adsorción, y concentraciones de alfa amilasas, proteasas, ácidos giberélico y abscísico. Para el análisis del desarrollo del sistema radical se usaron Rhizotrones; con los que se tomaron imágenes de las raíces hasta el día 14 después del trasplante, momento en el que se midió masa fresca y masa seca. Las imágenes se analizaron con el software ImageJ que permitió medir la longitud, área y perímetro de las raíces principal, secundarias y terciarias, también se contó el número diario de ramificaciones secundarias y terciarias que aparecían. Por otro lado, se realizó un experimento en el que se evaluaron variables asociadas al crecimiento y desarrollo, y morfogénesis e histología de plántulas in vitro sobre dos genotipos comerciales de *Solanumlycopersicum* L. Adicional a la determinación de la afectación positiva en la germinación, se obtiene un incremento en la concentración de: ácido giberélico, proteínas totales y específicamente de alfa amilasas y proteasas, y modificación en la concentración de ácido abscísico. Se determinó afectación positiva de la adsorción y absorción de agua. El análisis de los parámetros biofísicos, bioquímicos y biológicos relacionados con la germinación permitió interpretar que la afectación que el TMS genera sobre las semillas modifica mecanismos en múltiples niveles de interpretación. Las modificaciones iniciadas al momento del TMS se transmiten a las estructuras que se desarrollan posteriormente, raíces, tallo y hojas. Uno de los factores preponderantes es el incremento o disminución en la concentración de fitohormonas, pero aún no se dilucida, de manera clara, qué determina la variación en la concentración de las fitohormonas.

Palabras Clave: Tratamiento magnético, tomate, fitohormonas, alfa amilasas, adsorción, absorción de agua en semillas.

¹Grupo de investigación en Magnetobiología, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

Autor correspondencia: javier.torres@ucaldas.edu.co

Estudio y modelización del proceso de germinación de semillas de triticale sometidas a magneto-priming y estrés hídrico y salino

**José Álvarez^{1*}, Elvira Martínez¹, Mercedes Flórez¹, M. Victoria Carbonell¹,
Francisco Alonso¹**

El efecto beneficioso del tratamiento magnético (magneto-priming) sobre diversas especies vegetales está aceptado por numerosos científicos, sin embargo, poca ha sido la atención en este ámbito que se ha prestado a los cereales, siendo el triticale un ejemplo de ello. El magneto-priming es una técnica no invasiva de bajo impacto económico y respetuosa con el medio ambiente. El objetivo de esta investigación consistió en estudiar la germinación de triticale sometiendo las semillas a tratamiento magnético generado por un tándem bobina - fuente de alimentación. Se modificó la intensidad de corriente (0-5 A, equivalente a 0-3,72 mT de campo magnético), la temperatura del medio (10-30°C) y el tiempo de aplicación del campo (0-10 h). La germinación se modelizó mediante el método de magnetot tiempo, que define con claridad la influencia del magneto-priming en las semillas de una especie, ya que considera constantes el resto de variables que puedan afectar. También se estudió la influencia del magneto-priming de forma conjunta con soluciones osmóticas (NaCl y PEG), que modifican el potencial hídrico del medio de la semilla. Asimismo, se empleó el modelo de hidrotiempo, para pronosticar la germinación de semillas en respuesta a un nivel de potencial hídrico. El análisis de resultados arrojó que el magneto-priming claramente benefició la germinación, en especial a 10°C, obteniéndose diferencias significativas para $p < 0,01$ en los parámetros germinativos: G_{max} , MGT y T_{10-T90} . El tratamiento magnético resulta efectivo cuando la semilla está sometida a condiciones de estrés, en particular por NaCl. Los modelos explican perfectamente la germinación de triticale, obteniéndose altos valores de R^2 (0,85 como mínimo y 0,98 respectivamente).

Palabras Claves: germinación, triticale, magneto-priming, estrés hídrico, estrés salino,

¹Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Agronómica. Alimentaria y de Biosistemas, Madrid, España

*Autor de correspondencia: jose.alvarez.sanchez@upm.es

Metodología de despliegue de función de calidad en el diseño de sistema magnético para acondicionamiento de semilla de brócoli (*Brassica oleracea*).

Julio Gutierrez-Dominguez¹, Claudia Hernandez-Aguilar^{1*}, Arturo Domínguez-Pacheco¹

La industria agrícola tiene muchos retos ya que se busca tener una producción de alimentos de calidad para mayor cantidad de personas, a través de métodos sostenibles. En esta investigación se planteó como objetivo aplicar la metodología de despliegue de función de calidad (QFD) para el diseño y construcción de sistema irradiador electromagnético, el cual fue caracterizado y utilizado como acondicionador de semilla de brócoli (*Brassicaoleraceavar. italica*) bajo condición de estrés salino. Los principales hallazgos fueron a) Se construyó un dispositivo radiador electromagnético (electroimán) semiautomatizado, el cual genera campos magnéticos en la zona de máximo campo de 24.20, 41.80 y 62.80 mT. b) La semilla de brócoli se ve afectada por estrés salino, el cual se incrementa en función del incremento de la concentración de NaCl. b) La semilla de brócoli control (sin campo y sin estrés salino) al compararse con las semillas tratadas con campo magnético (68 mT y 2 min de radiación) (sin estrés salino) no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) en el porcentaje de germinación (valores entre el 85-90%) al 6to día. c). En relación a las semillas acondicionadas con campo magnético y bajo estrés salino a la concentración máxima aplicada (5g/150ml), alcanzaron un porcentaje de germinación del 5%, en comparación de 0% de germinación encontradas en semillas bajo estrés pero sin acondicionamiento magnético. Estos resultados reflejan que podría tener un efecto benéfico el acondicionamiento de semilla con campo magnético ante el problema de estrés salino en la germinación. Pero es necesario seguir generando conocimiento al respecto para encontrar los parámetros adecuados y condiciones de la semilla para incrementar la tolerancia ante condiciones de este tipo de estrés.

Palabras Claves: *Brassicaoleracea*, brócoli, Electroimán, Estrés salino, Metodología QFD.

¹ Instituto Politécnico Nacional-ESIME Zacatenco – SEPI-Programa en Ingeniería de Sistemas-Sistemas Biofísicos, México.

*Autor de correspondencia: clauhaj@yahoo.com, clhernandez@ipn.mx

Efecto de la estimulación de campos magnéticos en semillas de cebolla
(*Allium cepa* L.) sobre el rendimiento del cultivo

Rodrigo Acuña¹, Yonathan Risco¹

El uso de campos magnéticos (CM) como nueva técnica acondicionadora de semillas incrementa el vigor y rendimiento en cultivos siendo esta estrategia inocua sobre el material vegetal. Se estudiaron los efectos de los CM aplicados en semillas de cebolla (*Allium cepa* L.) cv Valinia-INIA a través de una bobina de Helmholtz en dosis de 0, 9, 83, 167 y 297 kJ m⁻³s. El ensayo de 120 días desde trasplante (0,15x0,25m) a cosecha se realizó en un invernadero pasivo de 100m² con riego tecnificado en Valdivia y manejo normal para el cultivo. Se determinó el rendimiento (biomasa, Peso Fresco PF y Seco PS) al trasplante, inicio bulbificación y cosecha (50% rama seca) y Clorofila total (CT µg/mL). El ANOVA obtenido desde bloques completos al azar con cuatro repeticiones (UE 1m lineal), mostró incrementos significativos ($\alpha=0.05$) en el PF Total de plantas tratadas de un 60,1% al trasplante, y hasta 47% en cosecha. En bulbos, los CM de 167 y 297 kJm⁻³s incrementaron significativamente el rendimiento en un 62,6 y 80,1% respectivamente con respecto al control, con diámetros 19,2 y 25,1% superiores al testigo. Del mismo modo, el CV de PF y PS de bulbos fue hasta un 53% menor que el control. CT también fue afectada significativamente, siendo el tratamiento 167 kJ m⁻³s el que generó mejor respuesta. En general, las semillas tratadas con CM, originaron plantas que respondieron significativamente en sus parámetros de ontogenia y biomasa, demostrando que el uso de CM puede ser una herramienta vigorizante y de nulo impacto ambiental.

Palabras Claves:rendimiento, campos magnéticos, cebolla, materia seca

¹Universidad Austral de Chile. Fac. de Ciencias Agrarias y Alimentarias. Campus Isla Teja, Valdivia, Chile.

*Autor de correspondencia: e-mail:rodrigoacuna@uach.cl

Campos magnéticos estáticos estimulan el crecimiento de semillas de maíz

**Lucas Ferroni¹, Moira Inés Dolz^{2, 3}, María Florencia Guerra³,
Leonardo Makinistian^{2,3,*}**

El pre-tratamiento físico de semillas es un creciente campo de investigación en biotecnología aplicada a la agricultura. Entre sus posibilidades, el tratamiento de semillas con campos magnéticos ha recibido una cada vez mayor atención en las últimas dos décadas. Inspirados por reportes hallados en la literatura sobre los efectos de campos magnéticos estáticos (CME) sobre semillas de maíz, realizamos experimentos similares, aunque expandiendo el rango de intensidad hasta 350 mT, más allá que la mayoría de los trabajos reportados. Con exposiciones de 1 h de duración, evaluamos 7 valores de intensidad del CME, desde 50 a 350 mT en incrementos de 50 mT. Encontramos un efecto máximo de aumento del 108.9 % (más que el doble) en la longitud total promedio de las plántulas a 150 mT, al décimo día de germinación. Todas las demás intensidades, excepto 350 mT, también indujeron estimulación del crecimiento. Desafiamos nuestros hallazgos con un análisis exhaustivo de los campos magnéticos estáticos y alternos de fondo dentro de la estufa donde se llevaron a cabo las germinaciones, a fin de descartar que dichos campos de fondo representaran una variable de confusión. Mientras que no parecieron constituir un factor determinante, nuestro análisis llama la atención sobre la posible relevancia de las diferentes condiciones de campo en diferentes niveles y regiones de las estufas de cultivo estándar. Nuestros resultados están en línea con numerosos estudios que apuntan al pre-tratamiento magnético de semillas como un recurso nuevo, viable y reproducible para la mejora de la germinación.

Palabras Claves: campos magnéticos estáticos, tratamiento magnético de semillas, maíz

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Villa Mercedes, San Luis, Argentina

²Departamento de Física, Universidad Nacional de San Luis (UNSL)-CONICET, San Luis, Argentina

³Instituto de Física Aplicada (INFAP), Universidad Nacional de San Luis (UNSL)-CONICET, San Luis, Argentina

* Autor de correspondencia: lmakinistian@unsl.edu.ar

Campo electromagnético en tortillas adicionadas con rábano negro
(*Raphanussativus*): Calidad sanitaria y colorimetría.

David Abram Saucedo-Alfonzo¹, Arturo Dominguez-Pacheco¹, Claudia Hernández-Aguilar^{1*}

El creciente interés de la población por su salud y así la calidad sanitaria de los alimentos y otras problemáticas, han llevado a los investigadores a averiguar métodos para conservar los alimentos. Dentro de estos métodos el campo electromagnético pudiera ser uno de ellos. En la presente investigación se planteó evaluar los efectos del campo electromagnético en el color y la calidad sanitaria de tortillas adicionadas de rábano negro. Se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar con tortillas al 2 y 8% de concentración de rábano negro más las muestras control. Después de elaboradas fueron sometidas al campo electromagnético (6V, 10.23A, 60w) a dos tiempos de exposición (5 y 10 min) y evaluadas en calidad sanitaria (prueba de papel secante) y color (la colorimetría con la técnica Cie L*a*b*,) diariamente durante seis días. Se observó que el crecimiento fúngico en las tortillas adicionadas al 8% de rábano negro tuvieron una disminución en el desarrollo en un 100% con respecto al tratamiento de las tortillas sin tratamiento y con 5 minutos se observó que a medida que la concentración y el tiempo de exposición aumentaba el desarrollo fúngico disminuyó con respecto a las tortillas normales. Por otro lado, en las tortillas se observaron cambios reflejados en el plano a*(Rojo-verde) siendo el que presentó una diferencia en relación a los días estudiados, también hubo cambios en la luminosidad, sin embargo, estos resultados no tuvieron diferencia significativa.

Palabras Claves: *Raphanussativus*, campo magnético, tortillas.

¹Instituto Politécnico Nacional-Esime, Zacatenco-Posgrado de ingeniería de Sistemas, México.

*Autor de correspondencia: clhernandez@ipn.mx

Efecto de campos electromagnéticos de baja frecuencia sobre la actividad enzimática del estrés oxidativo en plantas de tabaco

**Abraham O. Rodríguez, Erick Freeze, Deyanira Quistian¹, J. Antonio Heredia^{1*}
Ricardo Gomez¹, David La Fuente¹, Omar Heredia¹, Alberto Valadez¹**

Existe un gran interés en estudiar los efectos biológicos de la radiación electromagnética no ionizante, particularmente en el rango de los llamados campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (CEM-FEB) que son muy comunes en el ambiente contemporáneo. Aunque los efectos nocivos de los campos magnéticos quedan por dilucidar, se ha propuesto que el estrés oxidativo subyace como una de las causas de los efectos atribuidos a los CEM-FEB. En el presente trabajo, se estudió la influencia de una exposición a estos campos electromagnéticos sobre la actividad enzimática del estrés oxidativo en plantas de tabaco. Plántulas de *Nicotianatabacum* (L.), variedad Xanthi, se expusieron a campos electromagnéticos de 2.0 mT y 60 Hz de frecuencia por 24, 48, 72 y 96 h de exposición continua. Los parámetros bioquímicos medidos, incluyeron la actividad enzimática de ascorbatoperoxidasa (APX) y catalasa (CAT) en extractos de hojas y raíces. Se observó un aumento de la actividad de las enzimas APX y CAT en extractos de hojas de plántulas después de 48, 72 y 96 h de exposición al campo magnético. Con respecto a los extractos de raíz, la exposición indujo también una elevación de la actividad de la enzima APX a las 48 y 72 h de exposición continua y un aumento de la actividad de la enzima CAT a las 48, 72 y 96 h de exposición. Por el contrario, la exposición por 24 h a CEM-FEB no tuvo efecto significativo sobre la actividad enzimática de APX y CAT tanto para extractos de hojas, como de raíces. Todos los tratamientos probados se aparejaron con un control de exposición simulada, es decir, cultivos colocados en el sistema de exposición, pero sin corriente eléctrica aplicada. Estos resultados sugieren que los CEM-FEB indujeron un estrés oxidativo y, como consecuencia, fueron capaces de potenciar el sistema de defensa oxidativo en las plantas de tabaco.

Palabras clave: campos electromagnéticos de 60 Hz; estrés oxidativo; plantas de tabaco

¹. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

*Autor de correspondencia: aorf@hotmail.com

Bioelectromagnetismo y seres vivos, su influencia en germinación de alfalfa

**M^a Victoria Carbonell¹, José Álvarez^{1*}, Mercedes Flórez¹, Elvira Martínez¹,
Elena Montoya¹**

El interés por el fenómeno del magnetismo se remonta a las primeras civilizaciones y hay registros desde 600 años a.C. que evidencian el conocimiento de la electricidad estática. El campo magnético terrestre, se formó hace más de tres mil millones de años y originó la aparición de actividad biológica en el planeta. Su intensidad es bastante débil, y oscila entre 0,4-0,6 Gauss dependiendo de la latitud. Sobre la Tierra actúan campos magnéticos y eléctricos naturales, y artificiales generados por el hombre, éstos están creciendo con gran rapidez, al mismo ritmo que la contaminación electromagnética asociada y la preocupación de la población. El Bioelectromagnetismo estudia los efectos de los campos electromagnéticos sobre los sistemas biológicos y sus interacciones con los campos naturales y artificiales. En este trabajo, se realiza una breve recopilación bibliográfica de los efectos producidos por campos magnéticos en la agricultura. Se realizaron dos tipos de ensayos: germinación y crecimiento de plantas de alfalfa, en condiciones de laboratorio. Los resultados muestran un incremento en el porcentaje y velocidad de germinación de semillas expuestas a 125 y 250 mT a partir de las medidas evaluadas, G_{max} : porcentaje de germinación, TMG: tiempo medio de germinación y los parámetros: T_1 - T_{10} - T_{25} - T_{50} - T_{75} y T_{90} : tiempo necesario para alcanzar el 1, 10, 25, 50, 75 y 90% de semillas germinadas. Los tiempos de exposición al campo magnético fueron: 1, 20 y 60 min, 24 horas y exposición crónica. La reducción máxima en el TMG se produjo para exposición crónica y durante 24 horas en ambas intensidades, alcanzando una disminución de este tiempo al 74 % del valor del control, lo que implica una mayor velocidad de germinación. En los ensayos de crecimiento se obtuvo mayor longitud (tallo y total) y peso (tallo y total) de las plántulas con tratamiento, siendo las diferencias significativas.

Palabras clave: germinación, campo magnético, alfalfa, semillas, bioelectromagnetismo

¹Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Agronómica. Alimentaria y de Biosistemas, Madrid, España

*Autor de correspondencia: victoria.carbonell@upm.es

Aplicaciones de campos electromagnéticos medioambientales y aplicaciones sobre tejidos celulares

Biological and health effects of non-ionizing radiation that is used by 5G

Igor Belyaev

Adverse health effects of radiofrequency radiation (RF) from mobile communication including cancer risks have been reported, while some studies did not find such effects [1-2]. Complex dependence of the non-thermal RF effects on various physical and biological variables, such as carrier frequency, polarization, modulation, intermittence, electromagnetic stray fields, genotype, physiological traits, and cell density during exposure account for an apparent inconsistency in the published data [3]. Health effects of 5G mobile communication, which, in addition to 2G - 4G signals, uses also millimeter waves (MMW), are of significant public concern. We have shown that RF/MMW at very low intensities below the ICNIRP guidelines affected chromatin conformation and inhibited repair of DNA damage induced by ionizing radiation under exposure at specific frequencies and polarizations [4]. Available studies, together with almost complete absence of MMW in atmosphere due to effective absorption, which suggests the lack of adaptation to this type of radiation, suggest that the health effects of chronic MMW exposures may be more significant than for any other frequency range. Acknowledgements. This study was supported by the Slovak Research and Development Agency (APVV-15-0250) of the Slovak Republic.

- [1] I Belyaev et al., Rev Environ Health **31** (3), 363 (2016).
- [2] D Belpomme et al., Environ Pollut **242** (Pt A), 643 (2018).
- [3] IY Belyaev, European Journal of Oncology - Library **5**, 187 (2010).
- [4] E Markova et al., Environ Health Perspect **118** (3), 394 (2010).

Key Words: non-thermal RF effects, health risks

Department of Radiobiology, Cancer Research Institute, Biomedical Research Center, Slovak Academy of Science, Bratislava, Slovak Republic

E-mail: Igor.Beliaev@savba.sk

Dispositivo compacto para caracterización y registro de campos electromagnéticos en el rango de frecuencias comprendidas entre 78 MHz y 6 GHz con resolución de ancho de 300 KHz

**Marco Xavier Rivera González^{1,2,*}, Nazario Félix González^{2,3}, Isabel López de Mingo^{1,2},
Fátima Jerez Arroyo^{1,2}, Ceferino Maestú Unturbe^{1,2,4}**

El desconocimiento de los niveles de radiación por campos electromagnéticos (RF-EMF), a los que la población se encuentra inmersa, genera una mayor preocupación debido a los posibles efectos adversos en la salud producto de la exposición continua a estos campos electromagnéticos. Actualmente la solución a este problema es el uso de analizadores de espectros o sistemas de exposimetría que permiten medir y caracterizar las radiaciones producidas por fuentes emisoras de RF-EMF. Según criterio de la International Telecommunication Union (ITU), las medidas deben realizarse en periodos de 6 minutos de forma continua, que permitan medir la intensidad de potencia y discriminar cada frecuencia correspondiente a las fuentes de emisión; las medidas realizadas con un analizador de espectro son las más apropiadas para la caracterización de las RF-EMF. Sin embargo, son sistemas costosos y requiere de expertos para su correcto uso e interpretación de los datos. Por este motivo se ha desarrollado un dispositivo compacto con características de analizador de espectros, que permite medir la potencia máxima recibida en múltiples bandas de frecuencia estrechas de 300 kHz, registrando todo el espectro desde 78 MHz a 6 GHz; el dispositivo es capaz de medir todo el espectro de comunicaciones y detectar múltiples fuentes de campos electromagnéticos, inclusive si estas se encuentran ocupando la misma banda de comunicaciones, permite evaluar el efecto de cross-talk, y además permite el análisis por intensidad de potencia, frecuencia y tiempo de la exposición a campos electromagnéticos, es decir, el análisis en tres dimensiones de las radiaciones por RF-EMF, características que no permiten los exposímetros convencionales.

Palabras Claves: Exposímetro, Campos electromagnéticos, densidad de potencia, radiofrecuencia, radiación electromagnética.

¹ Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

² Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Centro de Tecnología Biomédica, Universidad Politécnica de Madrid

³ Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos, Universidad Politécnica de Madrid, Spain

⁴ CIBER – BBN, Centro de Investigación Biomédica en red, Madrid, Spain

* Marco Xavier Rivera González: marco.rivera@ctb.upm.es

Magnetic bed for the treatment of different of soma diseases: Design and Simulation

Leonardo Mesa Torres¹, Alejandro Alberto Bordelois Cayamo², Jorge Luis García Rodríguez¹

Currently, sports injuries that occur during the practice of a sport or exercise physical are becoming more and more popular, due to a series of predisposing factors that make them more susceptible an individual to sustain these injuries. In Cuba there is a high prevalence of joint conditions knees and ankles, with a high prevalence in people over 60 years of age; than in the province In Santiago de Cuba, 45% of all consultations correspond to soft tissue injuries. One of the applications of the electromagnetic field is in the treatment of different pathologies of musculoskeletal system (Soma). The objective of this work lies in the design of a magnetic bed to permanent magnets, in analogy to a Halbach-type circular configuration for the treatment of different diseases of the soma that consists of three main parts: the magnetic system, which generates magnetic induction for therapeutic purposes, the system opening and closing system magnetic, which allows the radial variation of the magnetic system and the support-patient bed system, that allows the positioning of the patient in the treatment area. The working principle consists that the therapist selects the induction of the magnetic field and the homogeneity of the field depending on the pathology(s) to be treated, through software that controls the movement of the opening and closing system of the magnetic system and the patient bed-support system, which is coupled to a stepper motor reducer that ensures precise and exact positioning of the sample (or patient) according to the area to be treated, which allows more than 80% effectiveness of the therapy compared to conventional treatment.

Keywords: magnetic beds, magnetic fields, magnetotherapy

¹Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Universidad De Oriente, Avenida de las Américas s/n Apartado Postal 4078, Código Postal 90400. Santiago de Cuba. Cuba

²Centro Biofísica Médica. Universidad de Oriente. Sede Antonio Maceo. Altos de Quintero Santiago de Cuba. Cuba

Control de los parámetros de exposición como principal problema de los estudios in vitro celulares: propuesta de una configuración de exposición

Isabel López^{1,2}, Marco Rivera², Nazario-Félix González^{2,3}, Ceferino Maestu^{1,2,4,*}

En los últimos años se ha producido un incremento en el número de publicaciones científicas de investigaciones sobre los efectos que pudieran ser derivados de la exposición a campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas (0 – 300 Hz) en modelos in vivo e in vitro. La discrepancia entre los resultados de estas no permite la obtención de resultados sólidos. Uno de los principales problemas de estos estudios se produce en el control de los parámetros fundamentales de exposición como frecuencia, intensidad o forma de onda. Además, suele ser inexistente el uso de configuraciones que incluyan elementos que apantallen los campos electromagnéticos ambientales o los producidos por equipos adyacentes al lugar de exposición como pueden ser los propios ventiladores de los incubadores donde se realizan los cultivos in vitro. Se debería hacer uso de sondas calibradas que permitan obtener el valor de la intensidad de campo magnético en puntos concretos de las placas de cultivos utilizadas. Se propone una configuración que consta de un circuito electrónico con control de frecuencia e intensidad, un sistema apantallador de campos ambientales y un par de bobinas Helmholtz como elemento pasivo para conformar un campo magnético estable en el que ensayar los posibles efectos celulares con un control óptimo de los parámetros de exposición. Para la evaluación del sistema, se llevan a cabo diferentes estudios de viabilidad celular a través del ensayo MTT utilizando diferentes frecuencias para una intensidad fija de 100 μ T y líneas celulares de diferente naturaleza: células tumorales y no tumorales.

Palabras Clave: frecuencias extremadamente bajas, estudios in vitro, bobinas Helmholtz, campo electromagnético, mu-metal.

¹Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, ETSIT, Universidad Politécnica de Madrid, UPM. Madrid, España.

²Centro de Tecnología Biomédica, CTB, Universidad Politécnica de Madrid, UPM. Madrid, España.

³Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos, ETSINF, Universidad Politécnica de Madrid, UPM. Madrid, España.

⁴CIBER – BBN, Centro de Investigación Biomédica en red, Madrid, España

*Autor de correspondencia: ceferino.maestu@ctb.upm.es

Aplicaciones de campos magnéticos en medicina y en animales

The effect of ELF-EMS in a model of ischemia/reperfusion

**Amanda Moya-Gomez^{1,2}, Lena Perez-Font³, Bert Brone¹, Yeranddy Aguiar Alpizar¹,
Andrea Burlacu¹, Annelies Bronckaers¹**

Ischemic stroke is a severe neurological disorder caused by a sudden occlusion of the brain blood flow. Unfortunately, the treatments for this leading cause of death are still limited. Previously, we showed an improvement in neurological outcome and decreased infarct volume in rodent models of permanent stroke submitted to ELF-EMS. However, its effect in models of ischemia/reperfusion are still unknown. Here, we studied the impact of ELF-EMS in gerbils submitted to 10 min of occlusion of the bilateral common carotid artery. Next, animals were stimulated with ELF-EMS (13.5mT/60Hz) for 20 min for four consecutive days or sham-treated. Neurological deficit and behavioral tests were conducted at 7 days after surgery. Brain tissues were harvested and stained with NeuN and Iba-1 to investigate neurons and microglia/macrophages respectively. In addition, we studied *in vitro* microglia migration (BV2 and primary cells) with the scratch and the Transwell assay. In both assays, migration was stimulated with LPS or ATP. Improvement in neurological deficit score (1.00 ± 0.97 vs. 6.00 ± 1.77), locomotor activity (137.5 ± 19.54 s vs. 22.50 ± 18.90 s), and non-anxious behavior (205.00 ± 20.03 s vs. 26.50 ± 22.05 s) were observed in the treated group compared to sham at 7 days after surgery. Immunofluorescence analysis showed increased neuronal density in the pyramidal striatum ($96.14 \pm 21\%$ vs $49.36 \pm 13.14\%$). Iba-1+ cells were reduced in the treated group at day 3 and day 7. *In vitro*, one ELF-EMS treatment reduced LPS-induced BV2 migration (0.97 ± 0.22 vs. 1.55 ± 0.11) and transmigration (1.22 ± 0.08 vs. 1.49 ± 0.11). Similarly, ELF-EMS significantly reduced ATP-induced migration (0.67 ± 0.05 vs. 1.47 ± 0.06) and transmigration (1.19 ± 0.11 vs. 1.78 ± 0.12). In primary cells, the same effect was observed in ATP-induced migration (2.96 ± 0.21 vs. 1.35 ± 0.31). These findings suggest that the observed ELF-EMS-associated decrease in microglia/macrophages after stroke is related to migration. In conclusion, our data show that ELF-EMS is a promising therapy for transient ischemic stroke and that it targets microglia/macrophages.

Key Words: ischemia/reperfusion, electromagnetic field, microglia migration

¹ Biomedical research institute, Hasselt University, Belgium

² Department of Biomedical Engineering, Oriente University, Cuba

³ National Center of Applied Electromagnetism, Oriente University, Cuba

*Corresponding author: amanda.moyagomez@uhasselt.be

Efecto de los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja en el cerebro de ratas estresadas

Leticia R. Quesnel-Galván¹, Patricia V. Torres-Duran² y Leticia Verdugo-Díaz¹

El interés de este estudio es debido a la presencia de electrónica en nuestra vida. Una hipótesis que intenta explicar varios efectos de los campos electromagnéticos de extrema baja frecuencia (CEM-EBF) es que inducen cambios en el balance oxidativo. En esta investigación medimos el efecto de la aplicación de CEM-EBF sobre el balance oxidativo de los cerebros de ratas bajo un modelo de estrés crónico variable (ECV) para determinar si ese estado previo influye sobre la respuesta a los CEM-EBF. En un primer experimento se determinó si 14 días de ECV producen un desbalance oxidativo del cerebro de ratas Wistar machos. Se midió actividad de catalasa, concentración de glutatión y lipoperoxidación en cerebro y cerebelo. En el segundo experimento, investigamos los efectos de los CEM-EBF en animales con ECV y sin ECV. En el primer experimento; a los 14 días de ECV se encontró lipoperoxidación en el cerebro, no en el cerebelo. En el segundo experimento después de 14 días de ECV, 7 días CEM de EBF redujeron dicha lipoperoxidación en el cerebro si se interrumpía ECV. Estas ratas presentaron aumento de la actividad de Catalasa y de concentración de glutatión. Curiosamente, si no se interrumpía el ECV, no se reduce la lipoperoxidación. Se descartó que la caída de la lipoperoxidación fuera por la interrupción del ECV, pues se hicieron experimentos en donde se colocaron a las ratas en el dispositivo de los CEMEBF, pero sin prender los campos (Sham). Nuestros resultados sugieren que los CEMEBF pueden restaurar parcialmente el sistema antioxidante de animales estresados.

Agradecemos el financiamiento de la beca de CONACYT número 290567 del Doctorado en Ciencias Biomédicas de Leticia Quesnel

¹Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor de correspondencia: leticia@unam.mx; letirox@yahoo.com; pavitodu@yahoo.com.mx

Sistema de alto rendimiento para la búsqueda de campos magnéticos antibióticos: diseño y avances en su desarrollo

**Julieta Baigorria¹, Caín Mariano González Burnet¹, Moira I. Dolz^{1,2}, Leonardo
Makinistian^{1,2,*}**

El surgimiento de bacterias resistentes a antibióticos es un problema considerado de alta prioridad por la Organización Mundial de la Salud. Además de la búsqueda de nuevos fármacos, también se exploran estrategias alternativas, entre las que se encuentra la búsqueda de campos magnéticos (CM) que inhiban la proliferación bacteriana. En este trabajo presentamos el diseño de un sistema para el seguimiento cuantitativo de la proliferación bacteriana en tiempo real en simultáneo con la exposición a CM; de bajo costo, alta versatilidad, y autónomo. Así, se podrán probar diferentes parámetros del CM (frecuencia, amplitud, etc.) mientras se monitoriza si los mismos provocan un efecto sobre la proliferación bacteriana. El sistema se basa en un arreglo tr -axial de bobinas de Helmholtz cuadradas, combinado con un sistema para la valoración cuantitativa de la proliferación en tiempo real, con control de temperatura adecuada al cultivo bacteriano. Se apunta a un sistema que sea apto para ser adoptado por investigadores sin ningún conocimiento previo sobre la física de la generación y sensado de los campos magnéticos, que deberán poner un mínimo de esfuerzo en instalar y aprender a usar el equipo a través de una interfaz amistosa. Aspiramos al desarrollo de una herramienta que acelere no sólo la búsqueda de CM antibióticos, sino la estandarización metodológica que tanto demanda el estado del arte en Magnetobiología, aumentando así las probabilidades de replicaciones independientes de los mismos experimentos, de realizar cribajes (*screenings*) con alta eficiencia, y de colaborar entre distintos grupos de investigación que trabajen con réplicas del dispositivo aquí presentado.

Palabras Claves: bacterias resistentes a antibióticos; campos magnéticos; proliferación bacteriana; metodología en magnetobiología

¹ Departamento de Física, Universidad Nacional de San Luis (UNSL), San Luis, Argentina.

² Instituto de Física Aplicada (INFAP), Universidad Nacional de San Luis (UNSL)-CONICET, San Luis, Argentina.

*Autor de correspondencia: lmakinistian@unsl.edu.ar; lmakinistian@gmail.com

Benefit and hazard of electromagnetic fields

Marko S. Markov

Life on the Earth originated and developed in the presence of various magnetic fields. The contemporary industry and technology in the last two centuries exposed the biosphere and mankind to continuously elevating electromagnetic fields. The medicine of the second half of the XX century and today involves more and more devices that utilize various electromagnetic fields.

This paper discusses the specific problems that arrived during the fast and increasing development of communication network as well as satellite network. At the same time, the science and health care systems do not provide enough criteria and controlling methods for evaluation of potential hazard in biosphere and everyday life. This became more and more important in respect of the fast development of 5G communication networks. Very important point here is that the adverse effects of EMF do not originate and present immediately after subjecting the target. Therefore, science must develop models for long-lasting effects on different living systems depending on their age and duration of exposure.

The benefit of EMF in medicine is known for centuries – starting from ancient China and Greece, but actual scientific development started after World War Two in Japan. Soon it has been accepted in Romania and former USSR. By the end of 1970s nearly all European countries had designed and manufactured own devices for magnetotherapy. The empirical engineering design little by little became substituted by scientifically based engineering. This became possible as a result of exponentially growing studies and publication on clinical applications of therapeutic devices as well as search for and development of mechanisms of action. Several scientific societies as BEMS, BES, EBEA had originated after 1977 and served as place for exchange of experience, opinions, and methodology of research.

Key words: electromagnetic fields, 5G communication network, magnetotherapy.

Research International, Buffalo NY, USA
msmarkov@aol.com

Aplicaciones de campos electromagnéticos en medicina

Individual sensitivity to electromagnetic fields: Biochemical studies are the only reasonable way forward

Dariusz Leszczynski

Humans are electric beings and human physiology depends on the flow of electric charges. When *electric* human is placed in an electromagnetic field (EMF), of sufficient strength, normal physiology can be altered through the alteration of the behavior of electric charges inside human cells, tissues and organs. Safety guidelines specify what strength of EMF should be safe for human health. However, as with any chemical or physical, including radiation, factor present in human environment, there always exists a sub-population of persons being more sensitive than the overall population, whose physiology and health might be affected by exposures complying with the current safety guidelines. Logically, even though the scientifically reliable proof is still elusive, part of the population is sensitive to the radiation emitted by the wireless communication devices and networks (RF-EMF). Currently, research examining sensitivity to RF-EMF focuses on the so-called electromagnetic hyper-sensitivity (EHS), also called idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF). The prevailing mode of EHS research are provocation studies where exposed volunteers are asked questions about their feelings during exposure and whether they recognize when the RF-EMF exposure is on or off (do they feel RF-EMF?). There are several major problems with this type of studies, including the problematic trust-relationship between volunteers and scientists. In the end, no matter how *nicely* the scientists will deal with the volunteers from the EHS community, if the outcome of the study will indicate no link between EHS and EMF, of what EHS sufferers are already certain, the EHS community will likely not accept the result of the provocation study. Also, no matter how the data in provocation project will be collected, it will be, as always, a subjective data, *feelings* data. Hence, it will be scientifically unreliable data as *feelings* may vary dramatically between individuals. Current trend of perpetuation of the provocation studies, where scientists have no idea whether participating volunteers are indeed EHS or whether their symptoms are unrelated to EMF exposures, will not resolve, in scientifically reliable way, the problem of whether EHS is caused by EMF exposures. Continuation of *improving* the provocation studies is like '*flogging a dead horse*' - no matter how the design of provocation studies will be improved these studies will fail because they provide unreliable subjective data, severely affected by the individuals' feelings. Instead of provocation studies we need research of biochemical responses of human body to EMF exposures. It is a time to gather a large group of volunteers, consisting of self-declared non-EHS and EHS. Scientists should be blinded on who is who. Volunteers should be exposed to EMF and biological samples should be collected during and after exposure. Omics (proteomic, transcriptomic, metabolomic) analysis of the samples should be performed to reveal changes happening in each person, when comparing samples taken before and after the EMF exposure. Omics-detected changes should be then cross-compared amongst the volunteers to find out whether any particular proteins/genes/metabolites are affected in all/majority of volunteers. Only then, scientists should look whether the self-declared EHS persons stand out in any way. The affected proteins/genes/metabolites should be identified and physiological processes, likely numerous, they regulate should be examined in detail in exposed and unexposed volunteers. Such biochemical omics-research might not only be useful in developing diagnostic criteria for EHS/IEI-EMF but, more importantly, may reveal what other health ailments/diseases, including e.g. cancer, Alzheimer's, fertility, might be caused due to the variations in individuals' sensitivity to EMF/RF-EMF exposures.

Adjunct Professor of Biochemistry, University of Helsinki, Finland. Chief Editor at Frontiers in Public Health, Lausanne, Switzerland blogbrhp@gmail.com

Efficacy of direct current generated by multiple-electrode arrays on F3II mammary carcinoma: Experiment and mathematical modeling

Narciso A. Villar^{1,2,3}, Jorge L. García³, Maraelys Morales⁴, Beatriz Olivares⁵, Dasha Fuentes⁶, Enaide Maine⁷, Antonio R. Selva⁷, Leonardo Mesa³, Juan I. Montijano⁸, Victoriano G. Sierra⁹, Daniel Jay Pérez⁶, Oscar Ortiz⁶, Janet Avellanet¹⁰, Arlem García¹⁰, Karina García¹⁰, Mayrel Labrada¹⁰, Kalet León¹⁰, Héctor M. Camué³, Luis Bergues^{3*}

The modified Gompertz equation has been proposed to fit experimental data for direct current treated tumors when multiple-straight needle electrodes are individually inserted into the base perpendicular to the tumor long axis. The aim of this work is to evaluate the efficacy of direct current generated by multiple-electrode array on F3II mammary carcinoma that grow in the male and female BALB/c/Cenp mice, when multiple-straight needle electrodes and multiple-pair so felectrodes are inserted in the tumor.

Methods: A longitudinal and retrospective preclinical study was carried out. Male and female BALB/c/Cenp mice, the modified Gompertz equation, intensities (2,6 and 10 mA) and exposure times (10 and 20 min) of direct current, and three geometries of multiple-electrodes (one formed by collinear electrode and two by pair-electrodes) were used. Tumor volume and mice weight were measured. In addition, the mean tumor doubling time, tumor regression percentage, tumor growth delay, direct current overall effectiveness and mice survival were calculated. The greatest growth retardation, mean doubling time, regression percentage and growth delay of the primary F3II mammary carcinoma in male and female mice were observed when the geometry of multiple-pair so felectrodes was arranged in the tumor at 45, 135, 225 and 325° and the longest exposure time. In addition, highest direct current overall effectiveness (above 66%) was observed for this EChT scheme. It is concluded that electrochemical therapy may be potentially addressed to highly aggressive and metastatic primary F3II murine mammary carcinoma and the modified Gompertz equation may be used to fit data of this direct current treated carcinoma. Additionally, electrochemical therapy effectiveness depends on the exposure time, geometry of multiple-electrodes and ratio between the direct current intensity applied and the polarization current induced in the tumor.

Keywords: Gompertz equation, Tumor growth kinetics, Highly aggressive and metastatic primary F3II mammary carcinoma, Electrochemical therapy, Array of multiple-electrodes

¹Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana. ²Universidad Católica del Cibao, La Vega, República Dominicana. ³

Dpto. de Investigación e Innovación, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. ⁴

Dpto. de Farmacia, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. ⁵Laboratorio Farmacéutico Oriente, Santiago de Cuba. ⁶

Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio, La Habana, Cuba. ⁷Dpto. de Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.

⁸Instituto Universitario de Investigación de Matemáticas y Aplicaciones, Universidad de Zaragoza, España. ⁹

Grupo de las Industrias Biotecnológicas y Farmacéuticas (BioCuba Farma), La Habana, Cuba. ¹⁰Centro de Inmunología Molecular, La Habana, Cuba. * Corresponding author: berguesc@yahoo.com

Efectos citostáticos de corrientes subtérmicas de radiofrecuencia sobre células de cáncer humanas

María Luisa Hernández Bule, María Antonia Martínez, María Ángeles Trillo, Elena Toledano Macías, Alejandro Úbeda

Recientemente, la investigación en terapias eléctricas o electrotérmicas de radiofrecuencia (RF) para el tratamiento del cáncer ha sido objeto de un creciente interés. Una de estas estrategias terapéuticas no invasivas es la transferencia eléctrica capacitiva resistiva (CRET), que aplica corrientes eléctricas entre 0,4 y 0,6 MHz para incrementar la temperatura de los tejidos a tratar. Los estudios clínicos realizados con terapias capacitivas han mostrado un incremento en la supervivencia de pacientes oncológicos sometidos al tratamiento eléctrico, solo o en combinación quimioterapia. Se aplican RF CRET in vitro a densidades de corriente subtérmicas con objeto de identificar las bases biológicas de los efectos clínicos de estas terapias. Los resultados obtenidos en líneas humanas de hepatocarcinoma (HepG2) y neuroblastoma (NB69) han revelado efectos citotóxicos significativos en neuroblastoma y citostáticos en ambas líneas celulares. Tales efectos están mediados por alteraciones en la expresión proteínas implicadas en el control del ciclo celular (p-ERK1/2, ciclinas D1, A y B1) y de la muerte celular (p53, Bax, p27, Bcl-2). Los resultados en HepG2 revelaron coincidencias entre las vías de respuesta celular al estímulo eléctrico y a sorafenib, un quimiostático estándar para el tratamiento clínico de hepatocarcinomas, y mostraron que la aplicación conjunta de ambos citostáticos tiene un efecto sinérgico significativo en esta línea celular. En contraste, células sanguíneas no cancerosas (PBMC), no mostraron efectos citotóxicos o citostáticos en respuesta al estímulo eléctrico. Estos resultados identifican mecanismos celulares implicados en los potenciales efectos favorables de las terapias RF CRET en la supervivencia de pacientes oncológicos, y ponen de manifiesto la necesidad de ampliar la investigación sobre nuevas estrategias terapéuticas, como las basadas en la acción combinada de terapias eléctricas y químicas, para el tratamiento del cáncer.

Palabras Claves: Terapia eléctrica, radiofrecuencia, células de cáncer, ciclo celular, muerte celular

Servicio de Bioelectromagnetismo, Hospital Universitario Ramón y Cajal. Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria (IRYCIS), Madrid, España.

Autor de correspondencia: mluisa.hernandez@hrc.es; mhbule@salud.madrid.org

Mecanismos de respuesta proliferativa de células de cáncer humano a campos magnéticos débiles de 50 Hz

M^a Antonia Martínez, Alejandro Úbeda, M.A. Trillo

Nuestro Servicio cuenta con una larga experiencia en el estudio de la respuesta celular a la exposición a RNI en el rango ELF – MW. La presentación describirá un conjunto de mecanismos y vías de señalización implicados en la respuesta celular a la exposición a campos de 50 Hz con densidades de flujo magnético débiles, consideradas inocuas según la Directiva Europea (2013/35/EU) y la legislación española (Real Decreto 299/2016) sobre exposición ocupacional a RNI. Tales mecanismos incluyen, entre otros, la activación de las vías MAPK-ERK1/2 y -p38 mediada por el receptor del EGF a través de procesos tanto dependientes como independientes de radicales libres (M.A. Martínez/M.A. Trillo et al., 2012; 2016; 2019; 2020; 2022). Los resultados revelan que la respuesta proliferativa es dependiente del ciclo de exposición, y que mientras algunos mecanismos o vías implicados en dicha respuesta pueden verse afectados por exposiciones tan cortas como 5 – 10 minutos, esos efectos pueden revertir en el curso de exposiciones más prolongadas. De forma que, para un intervalo temporal dado, exposiciones cortas y repetidas pueden inducir respuestas que no se observan si la exposición se aplica ininterrumpidamente durante todo el intervalo. Estos resultados se suman al creciente bloque de evidencia experimental que identifica mecanismos y patrones relevantes de respuestas celulares a campos ELF débiles. Hasta el momento, dichos mecanismos no han sido tomados en cuenta para el establecimiento de las bases biofísicas que sustentan las correspondientes normas internacionales de protección del público y de los trabajadores.

Palabras Claves: Neuroblastoma, filtración glomerular estirada (EGFR), proteína cinasas activadas por mitógenos (MAPK), exposición intermitente

¹Servicio Bioelectromagnetismo Radiaciones No ionizantes BEM-RNI. Hosp. Univ. Ramón y Cajal. IRYCIS-España
*Autor de correspondencia: m.antonía.martínez@hrc.es

Bi electrical impedance and principal component analysis combined with clinical and functional variables in newly diagnosed lung cancer adult patients

José L. García Bello^{1,2}, Justa C. Columbié³, Taira T. Batista^{2,4}, Soraida C. Acosta⁵, Maylet Planas^{3,6}, Larisa Zamora⁷, Beatriz Legrá^{3,6}, Arnolis Poll^{1,3,8}, Arquímedes Montoya³, Maraelys Morales⁴, Esmirna Cascaret⁹, Luis E. Bergues^{1*}

Many variables have been studied in cancer patients. Nevertheless, a study that analyzes simultaneously physical, functional and biological variables in them from clinical, physical and statistical points of views is not reported in the literature. The aim of this study is to propose an integrated analysis of clinical, bioelectrical and functional variables in newly diagnosed lung cancer adult patients for the integral evaluation and possible prognostic of them. This Pilot study was retrospective and cross-sectional and 23 patients aged 53-82 years participated in it. The electrical resistance and capacitive electrical reactance were measured with the BodystatQuadscan[®]4000 analyzer. The electrical impedance modulus and the phase angle were calculated. The serum concentrations of epidermal growth factor, CYFRA21-1 and CA 72-4 were quantified. Correlations/associations among variables and the principal component analysis were suggested. Results: The majority of patients had tumor markers, electrical resistance and the phase angle in their respective normal ranges. The capacitive electrical resistance was below its normal range. Minimum, low and moderate grades of linear correlation/association prevailed among studied variables. The principal components I and II were interpreted as prognosis and body energetic reserve of the patient, respectively. Conclusions: It is concluded that the clinical, bioelectrical and functional variables allow the integral analysis and possible prognosis of newly diagnosed lung cancer adult patients. The decrease of the capacitive electrical reactance is the most influence to the loss of the body energetic reserve that leads to alterations of the overall health, tiredness and decrease of weight and body mass index of these patients.

Keywords: Bioelectrical impedance, diagnosed lung cancer, Spearman's Rho correlation coefficient, Association coefficient of eta, Principal component analysis.

¹Universidad de Oriente, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Dpto. de Investigación e Innovación, Santiago de Cuba. ²Universidad Autónoma de Santo Domingo, Escuela de Física, República Dominicana.

³Servicio de Neumología, Hospital General. Santiago de Cuba. ⁴Universidad de Oriente, Facultad de Ciencias Naturales, Cuba. ⁵Servicio de Medicina Interna, Dpto. de Ensayos Clínicos, Hospital General Docente Provincial Saturnino Lora, Santiago de Cuba. ⁶Universidad de Ciencias Médicas, Dpto. de Fisiología, Santiago de Cuba.

⁷Universidad de Oriente, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Santiago de Cuba. ⁸Unidad de Cuidado Intensivo, Hospital General Docente, Guantánamo, Cuba.

berguesc@yahoo.com

Effectiveness of conventional therapy and electromagnetic field-60 Hz on post traumatic knee synovitis in competitive sports

Esmirna Cascaret¹, Andrés Ferrer¹, Eduardo Pérez², Leonardo Mesa³, Ángel O. Pérez⁴, Idalia González⁵, Argenis Rodríguez⁶, Amed Gata³, Ernesto Sánchez⁷, Luis E. Bergues^{3*}

Post-traumatic knee synovitis is frequent in men and women who practice sports. The objective is to assess the effectiveness of conventional therapy and extremely low frequency-electromagnetic field at 60 Hz in patients with post-traumatic knee synovitis in the first phase of rehabilitation. Methods: a longitudinal and controlled pilot study was conducted. 82 patients (52 males and 30 female) with post-traumatic knee synovitis and aged 15 to 35 years were treated. They were randomly grouped into two experimental groups, one that included 39 patients treated with conventional therapy (cryotherapy + ibuprofen + dipyrone) and another formed by 43 patients who received the extremely low frequency electromagnetic field of magnetic induction 11 mT, frequency 60 Hz and exposure time 20 min. The Visual Analog Scale, physical examination and ultrasound were used to evaluate the effectiveness of these two therapies. Results: pain intensity, physical examination and ultrasound degrees were reduced in all patients at the end of this study for each type of therapy. The averages of the analgesic effectiveness index were 61,31 and 97,17% for conventional therapy and the extremely low frequency electromagnetic field of 60 Hz, respectively. The extremely low frequency electromagnetic field of 60 Hz has greater analgesic and anti-inflammatory effectiveness and speeds up the rehabilitation time in patients with post-traumatic knee synovitis regard to those conventional therapy, taking into account the integrated evaluation of the analogic visual scale, range of analogic visual scale, analgesic effectiveness index and individual response of patient to the selected therapy.

Key words: post-traumatic knee synovitis; cryotherapy; extremely low frequency electromagnetic field of 60 Hz; Visual Analog Scale; ultrasound.

¹Centro Provincial de Medicina Deportiva, Santiago de Cuba. ²Centro de Entrenamiento Olímpico. Comité Olímpico Chileno Santiago de Chile. ³Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. ⁴Servicio de ortopedia y traumatología, Hospital General, Santiago de Cuba. ⁵Servicio de imagenología, Hospital General, Santiago de Cuba. ⁶Servicio de imagenología, hospital Oncológico Conrado Benítez, Santiago de Cuba. ⁷Universidad de Cultura Física. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.

*berguesc@yahoo.com

¿Pueden los campos electromagnéticos modular la actividad biológica?

Dr. Ceferino Maestú Unturbe

La fuerza electromagnética es una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza, y es debida a la carga eléctrica de los electrones. De las cuatro fuerzas conocidas de la naturaleza una de ellas es el campo electromagnético responsable de que se formen los átomos, de que los átomos formen moléculas, y en definitiva de toda la química. También son las fuerzas que mandan en el mundo de la biología. La biología se puede considerar una parte de la química y, por tanto, de la interacción electromagnética. La fuerza electromagnética es una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza, y es debida a la carga eléctrica de los electrones, fundamentalmente. Por tanto, la evolución de la vida en la tierra se ha desarrollado bajo el control del medio ambiente físico-químico condiciones que a su vez han sufrido cambios debido al impacto de la evolución de los seres vivos. Estas interacciones ocurrieron principalmente durante la evolución en el nivel celular. Dando lugar a respuestas adaptativas que han determinado la organización molecular estructural y funcional que ahora conocemos.

Vivimos rodeados por una gran cantidad de campos electromagnéticos artificiales que sumados a los provenientes de fenómenos naturales, pueden afectar nuestra biología constantemente. El estudio de los efectos de los campos electromagnéticos se ha desarrollado a lo largo de los años considerando como resultado de algunos factores determinantes, solamente la intensidad y la cantidad de energía transportada. Y no se ha considerado que esta energía depositada en un sistema biológico además transporta información. Nuestras células modifican su comportamiento en función de esta información. Así los parámetros de intensidad, frecuencia, forma de onda, trenes de pulso, van a actuar de forma determinante a la hora de establecer estas respuestas. En este estudio queremos advertir de la necesidad de tener en cuenta el resto de parámetros que portan las señales propagadas. Nuestros resultados indican que la respuesta celular es dependiente de la frecuencia y tiempo de exposición, lo que puede determinar la capacidad de adaptación celular a los campos o la alteración degenerativa de su fisiología. La mayor parte de las células de una planta o un animal se especializa en una o más funciones específicas. Muchos procesos biológicos exigen que varias células trabajen juntas y coordinen sus actividades. Para que esto sea posible, las células tienen que comunicarse entre sí, lo cual se logra mediante un proceso llamado señalización celular. La señalización celular hace posible que las células respondan en forma apropiada a estímulos ambientales específicos.

La señalización celular afecta todos los aspectos de la estructura y función celulares, la descripción de la señalización celular puede reunir varios procesos celulares que parecerían independientes. Esta señalización celular también está muy relacionada con la regulación del crecimiento y la división celular. Esto hace que el estudio de la señalización celular sea crucial para comprender de qué manera una célula puede perder la capacidad de controlar la división celular y convertirse en un tumor maligno.

Es necesario situar la magnetobiología y el biomagnetismo en sus contextos actuales y los retos que debe enfrentar. El carácter interdisciplinario y la complejidad intrínseca de este tema ha retrasado la elucidación de la naturaleza de la adaptación de los sistemas biológicos a los campos magnéticos ambientales, tanto de origen natural como artificial, así como las respuestas biológicas asociadas a ellos a nivel molecular o celular, sobre un soporte experimental que estudie las respuestas a nivel celular y molecular.

- CT2A cell viability modulated by electromagnetic fields at extremely low frequency under no thermal effects. García-Minguillán López, Olga; Prous, Raquel; Ramírez Castillejo, María del Carmen y MaestúUnturbe, Ceferino (2019). CT2A cell viability modulated by electromagnetic fields at extremely low frequency under no thermal effects. "International Journal of Molecular Sciences", v. 21 (n. 1); pp. 1-13. ISSN 1661-6596. <https://doi.org/10.3390/ijms21010152>
- 30 Hz, Could It Be Part of a Window Frequency for Cellular response? Olga García-Minguillán and Ceferino Maestú. Int. J. Mol. Sci. 2021, 22(7), 3642; <https://doi.org/10.3390/ijms22073642>
- Significant Cellular Viability Dependence on Time Exposition at ELF-EMF and RF-EMF In Vitro Studies Olga García-MinguillánLópez, Ana Jiménez Valbuena, CeferinoMaestúUnturbe.Int J Environ Res Public Health. 2019 Jun 13;16(12):2085. doi: 10.3390/ijerph16122085.
- Compact Exposimeter Device for the Characterization and Re- cording of Electromagnetic Fields from 78 MHz to 6 GHz with Several Narrow Bands (300 kHz) Marco Xavier Rivera González, Nazario Félix González, Isabel López de Mingo, CeferinoMaestu November 2021, Sensors 21(21) DOI: 10.3390/s21217395

Centro de tecnología biomédica (CTB) Universidad Politécnica de Madrid
ceferino.maestu@upm.es

Resúmenes correspondientes a Póster

Pretratamiento de semillas de lechuga con campos magnéticos y agua regenerada:
efecto en la germinación

**Francisco Alonso^{1*}, M^a. Victoria Carbonell¹, Mercedes Flórez⁴, Elvira Martínez¹, José
Álvarez¹, María del Mar Delgado²**

El pretratamiento con campos magnéticos es beneficioso para el proceso de germinación en muchas especies vegetales. Numerosos científicos han estudiado la mejora de la germinación en cereales, leguminosas y algunas hortalizas. Por otro lado, el uso sostenible de los recursos hídricos hace que en muchas zonas se esté implantando tanto el agua desalada como el agua regenerada de Estaciones Depuradoras de Agua Residuales (EDAR) para riego. El objetivo de este trabajo fue estudiar la germinación de semillas de lechuga sometidas a un pretratamiento magnético estacionario generado por un imán de 125 mT de inducción magnética y dos tipos diferentes de agua de riego. El tiempo de aplicación del campo fue 24h, y se usó como contacto agua destilada y agua regenerada de EDAR. El análisis de resultados arrojó que el tratamiento magnético mejora el porcentaje máximo de germinación (G_{max}) siendo de 97% en semillas pretratadas con campos magnéticos frente a 90,0% en semillas sin tratar. Asimismo, se redujo el tiempo medio de germinación (MGT) para las semillas con tratamiento magnético. Por último, el tratamiento magnético resulta más efectivo en la germinación cuando el contacto se realiza con agua regenerada que con agua destilada, alcanzando mayores valores de G_{max} y obteniéndose diferencias significativas para $p < 0,05$.

Palabras Claves: germinación, lechuga, pretratamiento magnético, agua regenerada

⁴Universidad Politécnica de Madrid, ETSIAAB, Madrid, España

² Dpto. Medio Ambiente y Agricultura, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, CSIC), Madrid, España

*Autor de correspondencia: paco.alonso.peralta@upm.es

Triticale (*Triticosecale* Wittm.) grain yields after pre-sowing electromagnetic seeds stimulation for the purposes of ecological agriculture

Angelina Muhova¹, Stefka Stefanova-Dobreva¹, Kiril Sirakov²

Triticale is a crop with high genetic potential for yield, adaptability to environmental conditions and disease resistance. An important condition for the quantity of yields in agriculture is the quality of seeds. Therefore, solutions are sought to improve their sowing qualities. The research objective is to determine an effect of pre-sowing electromagnetic treatment of triticale seeds on grain yields, depending of applied fertilization. On the experimental conventional field, a three-factor experiment was conducted by the method of perpendicular arrangement of the degrees of the tested factors. Two Bulgarian triticale varieties were studied. Mineral and organic fertilizers were applied. The seeds were pre-sowing treated with electromagnetic field with parameters, determined by preliminary laboratory tests. The results on grain yields showed an increase from 1.4 to 11.8% for the varieties under the influence of electromagnetic treatment and fertilization, lower values from 82.6 to 95.8% under influence of electromagnetic treatment and increased yield by 11.9-20.8% when applied mineral fertilizer, compared to control. The effect of electromagnetic treatment and fertilization on yields of both triticale varieties was confirmed, and for Boomerang variety their complex influence. The research established electromagnetic treatment on seeds for Boomerang variety which showed positive results on grain yields.

Key Words:electromagnetic treatment, grain yields, mineral fertilization, organic fertilization, triticale

¹Field Crops Institute, 6200 Chirpan, Agricultural Academy, Bulgaria

²University of Ruse "Angel Kanchev", 7017 Ruse, Bulgaria

*Corresponding author: muhova.angelina@gmail.com

Influence of Pre-Sowing Electromagnetic Treatments on Yields of Bulgarian Wheat and Cotton Varieties

Kiril Sirakov^{*1}, Ana Stoilova² Ivan Palov¹

The results obtained from the investigation of new environmentally friendly approaches to stimulate the development and yields of Bulgarian varieties of wheat and cotton are presented. They are focused on pre-sowing seed treatment in electromagnetic field. So the experimental conditions around the seeds is almost the natural conditions, where the electromagnetic field is changing. Species and varietal dependence on the uniform pre-sowing electromagnetic treatments of wheat and cotton seeds was established, expressed in the degree of impact. When using values of controllable factors of treatment: voltage U from 1kV to 3kV and duration of impact τ from 10s to 30s an increase by 9% to 20% in the yield of wheat varieties "Pliska" and "Enola" was achieved. After three-stage pre-sowing electromagnetic seed treatments of Bulgarian cotton varieties a faster development of cotton bushes in different phases of their performance was achieved, stimulating of earliness and productivity; higher September and total seed cotton yields - up to 12% for "Chirpan-539" variety and 33.9% for "Trakia" variety were realized. Used values of controllable factors of treatment were: voltage $U_1=8\text{kV}$ and duration of treatment $\tau_1=15\text{s}$, $U_2=6,5\text{kV}$, $\tau_2=25\text{s}$ and $U_2=5\text{kV}$, and $\tau_1=35\text{s}$. Performed pre-sowing electromagnetic seeds treatments are eco-friendly due to minimal cost of electricity, and the results obtained could be applied in organic farming, too.

Key Words: wheat, cotton, electromagnetic treatments, seeds, yield increase

¹Angel Kanchev" University of Ruse, 7017, Ruse, Bulgaria

² Field Crops Institute, 6200, Chirpan, Agricultural Academy, Sofia, Bulgaria

*Corresponding author: csirakov@uni-ruse.bg

Campo magnético en la calidad sanitaria de la fresa (*Fragaria ananassa*) en post-cosecha

Brenda K. Franco-Colin¹, Claudia Hernández-Aguilar¹, Arturo Dominguez-Pacheco², MCJ. Pérez-Reyes².

La vida de anaquel de la fresa (*Fragaria x ananassa*) es corta, causada entre otros factores, por algunos organismos patógenos, provocando la disminución de la calidad y de esta manera causando pérdidas potenciales en post-cosecha y venta del alimento. Bajo este contexto, en la presente investigación se planteó como objetivo estudiar el efecto del campo magnético (CM) en la calidad sanitaria de la fresa. Dos tipos de fresas fueron evaluadas, F₁ y F₂: muestras de fresa en refrigeración (5° C $\pm$ 3° C) y a temperatura ambiente ($\pm$ 25° C). Se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar aplicando distintos tiempos (T₀=0, T₁=5min, T₂=10min y T₃=15 min) de CM a través de un electroimán con tres repeticiones por tratamiento. Se realizaron pruebas microbiológicas en medio de cultivo papa dextrosa agar, analizando el tipo y el porcentaje de área que cubren los hongos por cada uno de los tratamientos. Los resultados encontrados indicaron que: 1) La variedad de la fresa almacenada en condiciones de temperatura ambiente presentó larvas de mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), pero no fueron desarrollados hongos. Efectos debido a la radiación magnética no fueron observados. 2) En la variedad de fresa almacenada en refrigeración se identificaron hongos (*Rhizopus* sp. y *Cladosporium* sp.), encontrando que en T₁ =5 min de exposición a campo magnético se estimuló el crecimiento del hongo *Rhizopus* sp. con respecto a T₀. Mientras que los tratamientos magnéticos T₂ y T₃ produjeron una disminución del área cubierta por hongo (66 y 65%, respectivamente). Siendo el tratamiento T₂ =10 min el que obtuvo un menor porcentaje de área cubierta de hongo en las fresas evaluadas. En este sentido T₂ muestra la mejor calidad sanitaria de la fresa con una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.05$). De este modo, fue posible observar que el campo magnético tiene un efecto fungistático sobre las fresas. Una observación adicional se apreció, al disminuir hongos en la fresa hay crecimiento de bacterias.

Palabras Claves *Fragaria ananassa*, *Rhizopus* sp., campo magnético, calidad sanitaria.

¹Instituto Politécnico Nacional-Esime, Zacatenco-Posgrado de ingeniería de SISTEMAS, México.

²Fes Cuautitlán UNAM, México.

*Autor de correspondencia: clhernandez@ipn.mx

Campos magnéticos aplicados a micropartículas de Carbonilo de hierro.

Carlos P. Ortiz-Lara¹, Arturo F. Méndez-Sánchez², Arturo Domínguez- Pacheco³

El estudio de los sistemas de fluidos magneto- reológicos tiene un gran interés. Cuando se aplica un campo electromagnético (CEM) externo la viscosidad de algunos materiales se podría modificar. Esto puede tener utilidad en distintas áreas de aplicación, como en fenómenos mecánicos, médicas en prótesis óseas, y tratamientos en sangre. Se estudiaron suspensiones de partículas de carbonilo de hierro en glicerina, con dos distintas dimensiones: 2 y 4 micras a una concentración del 5% en volumen para ambas partículas. Se determinaron las curvas de esfuerzo y rapidez de deformación. Se ha encontrado una disminución de la viscosidad en función del incremento del CEM aplicado. Obteniendo distintos resultados a los campos magnéticos aplicados de forma paralela al flujo. Se observó una dependencia de las curvas de flujo respecto a los CEM, como el aumento de la rapidez. La aplicación del campo genera la formación de cadenas orientadas por el CEM en la dirección de flujo.

Palabras Claves: Campo magnético, Fluido Magneto-reológico, reometría de capilar, curva de flujo, rapidez de deformación.

¹Instituto Politécnico Nacional, ESIT, CDMX, México.

²Instituto Politécnico Nacional, ESFM, CDMX, México.

³Instituto Politécnico Nacional, SEPI-ESIME, Zacatenco, Posgrado en Ingeniería de Sistemas, CDMX, México.

*Autor de correspondencia: cportizl@ipn.mx, afmendezs@ipn.mx, fdominguezp@ipn.mx

Efecto de la meditación gamma dentro de una cámara de sanación

**Blanca Murillo Ortiz¹, Luis Ortiz Osoy¹, Ana Signoret¹, Manuel González Osoy¹,
Sandra Martínez Garza¹**

El descubrimiento de los beneficios de la meditación coincide con hallazgos recientes en neurociencias que muestran que el cerebro adulto aún puede transformarse profundamente. Los meditadores expertos mantienen las llamadas ondas gamma de alta amplitud. Se conoce el efecto en la activación de la telomerasa y longitud de los telómeros. Tal descubrimiento sugiere que la meditación ralentiza los procesos celulares de envejecimiento. Se realizó meditación gamma dentro de una cámara de estructura octagonal. Las paredes a su interior cubiertas de cobre aíslan la radiación de ondas electromagnéticas. Se incluyeron 12 sujetos que realizaron meditación gamma durante 33 minutos recostados sobre la camilla, a las 24 horas se determinaron posibles cambios en la longitud de los telómeros, se registraron las ondas cerebrales y signos vitales. Estudio realizado en 5 hombres y 7 mujeres, con edad promedio de 60.7 años. Tensión arterial sistólica 132.57 vs 93.14, diastólica 84.8 vs 74.14 mmHg, frecuencia cardíaca de 85.85 vs 80.28 x minuto, saturación de oxígeno 94.2% vs 95.14% ($p < 0.05$). Se demostró un incremento significativo en la longitud de los telómeros ($p = 0.03$). Todos los meditadores mostraron una mayor amplitud gamma parieto-occipital de 60–110 Hz. El cerebro, en su funcionamiento intercambia información produciendo, pequeños campos magnéticos, producto de las despolarizaciones de la membrana neuronal que ejercen efectos evidentes en el ADN como es la recuperación de la longitud de los telómeros. La cámara de sanación incrementa los efectos benéficos de la meditación gamma. Son necesarios más estudios para la identificación de los mecanismos biológicos en diferentes campos magnéticos inducidos por el cerebro humano.

¹Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica, UMAE 1 Bajío IMSS. Asociación de Neurociencias y Desarrollo Humano Tlamilizcalli, México

Recomendaciones de la Sociedad Española de Protección Radiológica para la minimización de la exposición a las emisiones de los teléfonos celulares

Marina Sáez Muñoz¹, M^a Luisa Tormo de las Heras², Alejandro Úbeda Maeso^{3*}, M^a Teresa Macías Domínguez⁴

Debido a su uso generalizado, los teléfonos celulares constituyen la principal fuente de exposición crónica del público a radiaciones no ionizantes (RNI) en el amplio espectro que cubre desde las microondas a la luz violeta. El interés del público general sobre los posibles efectos de estas RNI es motivo de un número elevado y creciente de consultas recibidas por el Grupo de Trabajo en RNI (GTRNI) de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) a través de la sección “Pregúntale a la SEPR” de su página Web. Para agilizar la respuesta a ese tipo de consulta, el GTRNI ha actualizado la información preexistente en dicha página Web y ha preparado una serie de contenidos dirigidos a la población hispanohablante y destinados a promover el uso responsable de los teléfonos celulares, sobre todo entre la población infantil y juvenil. Tales contenidos incluyen dos infografías, una de ellas diseñada para su distribución en colegios, institutos y/o universidades, y otra para su exhibición en medios de transporte u otros lugares públicos. Aunque con formatos diferentes, ambos documentos gráficos simplificados proponen un decálogo de estrategias sencillas que permiten minimizar la exposición a las emisiones electromagnéticas sin renunciar al uso cotidiano del teléfono. Esta información se complementa en la Web de la SEPR con un documento más extenso que incluye referencias a artículos de interés en la materia y a puntos de vista expresados por organizaciones internacionales.

Palabras claves: teléfonos celulares, protección radiológica, divulgación

¹ Comisión Jóvenes de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). Madrid, España

² Unidad de Comunicación, SEPR. Madrid, España

³ Grupo de Trabajo en Radiaciones No Ionizantes, SEPR. Madrid, España

⁴ Junta Directiva de la SEPR. Madrid, España

*Corresponding author: axumaeso@gmail.com

Efecto de los campos magnéticos estáticos en algunos marcadores de estrés oxidativo y en la conducta motora en la recuperación ante un TCE en un modelo murino.

Tabla-Ramón, E¹. Solís-Luna, B¹. Verdugo-Díaz, L². Navarro, L¹. Estrada-Rojo, F¹.

El TCE, representa un problema de salud de importancia médica, económica y social, Las consecuencias de un TCE, pueden causar desde decesos hasta diversas afectaciones, cognitivas y motoras, cuando esto último sucede tanto los tiempos y costos de rehabilitación son grandes. Por ello resulta interesante explorar procesos de bajo costo y no invasivos que permitan aminorar este problema. Una opción es el uso de campos magnéticos estáticos (CME), que han mostrado efectos en diversos procesos celulares como el estrés oxidativo, lo que podría ayudar a la recuperación ante un daño cerebral. El objetivo es verificar el efecto de los CME utilizados durante la recuperación ante un TCE, analizando marcadores de estrés oxidativo y una escala neuroconductual. Se utilizaron ratas wistar machos, de 250 a 300 gramos, divididas en 2 grupos (n=6), un grupo control y otro TCE a nivel de la zona motora M1 del cerebro determinada mediante coordenadas esterotaxicas; TCE generado mediante un modelo por caída de peso. Los individuos de ambos grupos fueron colocados en cajas reductoras de plexiglás durante dos horas los 8 días siguientes, además al grupo de TCE se colocaron imanes permanentes de ferrita a ambos lados de las cajas, de 0.8 microteslas. Posteriormente se analizaron marcadores de estrés oxidativo tanto en plasma como en cerebro. También se les aplicó una escala neuroconductual luego de la restricción. Los datos sugieren que el grupo TCE+CME, tuvo una mejor recuperación con respecto al grupo control tanto en los marcadores de estrés oxidativo como en la escala neuroconductual, esto sugiere que la aplicación de CME post TCE generaría procesos de neuroprotección.

Palabras Claves: Campos magnéticos estáticos, Traumatismo craneoencefálico, neuroprotección, Marcadores de estrés oxidativo.

1.- Lab. Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM, México 2.-

Lab. de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM, México

*Autor de correspondencia: fesro@hotmail.com

Magnetic fields on the microalgae cultures: Theories that explain their behavior

Yadira Silveira¹, Yadenis Ortega¹, Ann Cuypers², Elizabeth Isaac Alemán¹, Dries Vandamme³

The interest in microalgae is closely linked to its biochemical composition. Although the development of these crops is applied at the industrial level, there are still many efforts dedicated to reducing the costs of production of these organisms on a large scale. The benefits of the magnetic field (MF) on microorganism's development had been demonstrated in several works. However, it has not yet been possible to reach a consensus as to the different mechanisms that exist to give an explanation to the effects that are observed when the magnetic field is applied. The results achieved so far on the effect of MF on microalgae cells, suggest that all the effects found are closely related to the possible changes in the magnetic moments of the atoms and molecules that make up the cells. However, so far no there is practical evidence to demonstrate such an approach. These variations in the magnetic moments of the atoms and molecules that make up the cells could be the ones that trigger genetic and physiological changes, which can then be measured through the increase in the cell concentration of the cultures and metabolism, variations in growth parameters, changes in the biochemical composition of biomass and improvement of the photosynthetic capacity of microorganisms. If it is possible to homogenize all the observed results and clarify some questions that remain unsolved, it will be possible to have a technology of great value for the biotechnology industry in addition to the microalgae cultivation and, obtaining metabolites of with economical relevance. This technology has the advantages of low operating cost, has no proven toxic effects, does not produce secondary contamination, provides a wide range of application and has a long service life. It has therefore the potential to contribute to the overall feasibility of microalgae biomass production.

Key Words: Microalgae, magnetic fields, mechanisms

¹ Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente. Cuba.

² University of Hasselt, Environmental Biology, Centre for Environmental Science. Belgium.

² University of Hasselt, CMK, IMO, Analytical and Circular Chemistry (ACC). Belgium.

*Corresponding author: yadira89066@gmail.com

Evaluación de los efectos de campos magnéticos sobre el consumo de oxígeno en mitocondrias de hígado de rata

Viviana Pimiento-Suárez¹, Ely Dannier V.-Niño¹, Stelia C. Méndez-Sánchez¹, David A. Miranda¹, Mario Negrette-Guzmán^{1*}

La mitocondria contiene altas concentraciones de hierro, un metal paramagnético; grupos hemo, un sistema anular de circulación de electrones¹, y complejos FoF₁-ATP sintasa, el cual cataliza la síntesis de ATP de manera dependiente de una corriente circular de protones². Atendiendo a la ley de Biot Savart, la cual indica que un movimiento de cargas eléctricas induce un campo magnético proporcional a su intensidad y en dirección perpendicular al plano de movimiento de estas, se podría argumentar que las mitocondrias exhibirán propiedades magnéticas intrínsecas. Como resultado de este planteamiento, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿La exposición de mitocondrias a campos magnéticos externos alterará su función, particularmente el consumo de oxígeno? El objetivo es evaluar el efecto de campos magnéticos externos sobre el consumo de oxígeno en mitocondrias aisladas de hígado de rata. Para determinar la influencia de campos magnéticos externos sobre la capacidad de consumo de oxígeno en mitocondria aislada, se construyó un montaje consistente de un electroimán que permitió intensidades entre 150 a 450 mT y un sistema contenedor del material biológico con refrigeración a 4°C para evitar la disfunción de los organelos durante 5 a 60 minutos de exposición. Posteriormente, el consumo de oxígeno se determinó mediante respirometría de alta resolución usando el Oxygraph-2k (OROBOROS Instruments). Las mitocondrias se aislaron de hígado de ratas Wistar macho de aproximadamente 160 g de peso, de acuerdo con el protocolo descrito por Voss y colaboradores³. Se obtuvo que el índice de control respiratorio de las mitocondrias expuestas a campos magnéticos fue significativamente menor (hasta un 40%) al compararlo con mitocondrias no expuestas. Esto sugiere que la función mitocondrial general puede ser afectada por campos magnéticos externos debido posiblemente a propiedades magnéticas intrínsecas. Se recomienda estudiar estas propiedades usando modelos computacionales y los posibles efectos sobre otras funciones.

Palabras Claves: mitocondria, campo magnético, consumo de oxígeno, respirometría de alta resolución.

Referencias. 1. Heist, L. M. *et al.* Benzene at 1GHz. Magnetic field-induced fine structure. *J. Magn. Reson.* 258, 17–24 (2015); 2. Ahmad, Z. & Cox, J. L. ATP synthase: the right size base model for nanomotors in nanomedicine. *ScientificWorldJournal.* 2014, 567398 (2014); 3. Voss, d. O., Campello, a. P. Bacila, M. The respiratory chain and the oxidative phosphorylation of rat brain mitochondria. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 4, 48–51 (1961).

¹Universidad Industrial de Santander, Colombia.

*Autor de correspondencia: maneguz@uis.edu.co

Efecto de la estimulación magnética transcraneal repetitiva en un modelo de depresión en rata. Participación del sistema dopaminérgico

Irving Eduardo Palma¹, Rodrigo Acosta¹, Marina Martínez¹, Leticia Verdugo^{1*}

La depresión es una enfermedad mental crónica con alta prevalencia y mortalidad (Czehet *al*, 2016), los antidepresivos son efectivos para el 60%-70% de los pacientes deprimidos (Rush, 2006); además de que los pacientes que no responden al tratamiento farmacológico pueden presentar efectos secundarios a largo plazo (Cassano, 2004), por lo que se han planteado terapias alternativas incluyendo la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) (Valiengo, 2013). Existen pocos estudios sobre la relación entre la vía nigroestriatal y la depresión (Belujon, 2017). Las primeras observaciones de las alteraciones relacionadas a esta enfermedad demostraron cambios en la cantidad de receptores de tipo D2 y D3 en rebanadas de cerebro humano en el cuerpo estriado (D'Haenen y Bossuyt, 1994) y de manera más reciente mediante imagenología su aumento en el núcleo caudado y en el lenticular (Peciña, 2017). En este trabajo se estudiaron los cambios en los receptores a dopamina de tipo D2 en el cuerpo estriado vinculados a la EMTr en un modelo murino de depresión. Los animales utilizados fueron sometidos a estrés crónico impredecible moderado para desarrollar síntomas tipo depresión, los resultados demuestran que el estrés crónico genera síntomas depresivos en los animales, además se encontró un efecto de la EMTr en la conducta de los animales deprimidos disminuyendo las conductas tipo depresión después del tratamiento, así como cambios en el receptor a dopamina de tipo D2 en estructuras estriatales.

Proyecto DGAPA-PAPIIT NI220120. Auspiciado por Beca Nacional CONACYT

Palabras Claves: depresión, EMTr, dopamina, receptores D2

¹Universidad Nacional Autónoma de México, México

*Autor de correspondencia: leticia@unam.mx

Efecto de campos electromagnéticos de baja frecuencia sobre la actividad enzimática del estrés oxidativo en plantas de tabaco

Abraham O. Rodríguez-De la Fuente¹, Erick Freeze-Gallardo¹, Deyanira Quistian-Martínez¹, J. Antonio Heredia-Rojas^{1*}, Ricardo Gomez-Flores¹, David La Fuente-Rincón¹, Omar Heredia-Rodríguez¹, Alberto Valadez-Lira¹

Existe un gran interés en estudiar los efectos biológicos de la radiación electromagnética no ionizante, particularmente en el rango de los llamados campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (CEM-FEB) que son muy comunes en el ambiente contemporáneo. Aunque los efectos nocivos de los campos magnéticos quedan por dilucidar, se ha propuesto que el estrés oxidativo subyace como una de las causas de los efectos atribuidos a los CEM-FEB. En el presente trabajo, se estudió la influencia de una exposición a estos campos electromagnéticos sobre la actividad enzimática del estrés oxidativo en plantas de tabaco. Plántulas de *Nicotianatabacum* (L.), variedad Xanthi, se expusieron a campos electromagnéticos de 2.0 mT y 60 Hz de frecuencia por 24, 48, 72 y 96 h de Exposición continua. Los parámetros bioquímicos medidos, incluyeron la actividad enzimática de ascorbatoperoxidasa (APX) y catalasa (CAT) en extractos de hojas y raíces. Se observó un aumento de la actividad de las enzimas APX y CAT en extractos de hojas de plántulas después de 48, 72 y 96 h de exposición al campo magnético. Con respecto a los extractos de raíz, la exposición indujo también una elevación de la actividad de la enzima APX a las 48 y 72 h de exposición continua y un aumento de la actividad de la enzima CAT a las 48, 72 y 96 h de exposición. Por el contrario, la exposición por 24 h a CEM-FEB no tuvo efecto significativo sobre la actividad enzimática de APX y CAT tanto para extractos de hojas, como de raíces. Todos los tratamientos probados se aparejaron con un control de exposición simulada, es decir, cultivos colocados en el sistema de exposición, pero sin corriente eléctrica aplicada. Estos resultados sugieren que los CEM-FEB indujeron un estrés oxidativo y, como consecuencia, fueron capaces de potenciar el sistema de defensa oxidativo en las plantas de tabaco.

Palabras clave: campos electromagnéticos de 60 Hz; estrés oxidativo; plantas de tabaco

¹. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

*Autor de correspondencia: aorf@hotmail.com