

**2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Magnetobiología 2020**  
Diciembre 14, 15 y 16 del 2020  
[www.aspaug2015.com/magnetobiologia2020/](http://www.aspaug2015.com/magnetobiologia2020/)

Organizado por:  
Red Iberoamericana de Bioelectromagnetismo (R.IberoABioEM)

Con el apoyo de:

 VICERRECTORÍA DE PROYECCIÓN UNIVERSITARIA

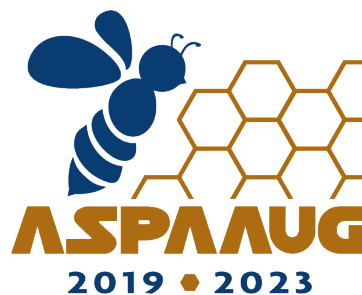
 UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

---

# 2° Congreso Iberoamericano de Magnetobiología

---

Diciembre 14, 15 y 16 del 2020  
[magnetobiologia2020@apaaug.org](mailto:magnetobiologia2020@apaaug.org)



# Índice general

<b>1. Comités</b>	<b>1</b>
1.1. Científico . . . . .	1
1.2. Organizador . . . . .	2
1.3. Editorial . . . . .	3
<b>2. Programa</b>	<b>4</b>
2.1. 14 de diciembre . . . . .	4
2.2. 15 de Diciembre . . . . .	6
2.3. 16 de Diciembre . . . . .	9
<b>3. Resúmenes</b>	<b>12</b>
3.1. Conferencias orales . . . . .	12
3.1.1. ¿Afecta la radiación a la salud?: medidas de radiación electromagnética y salud en Vallecas, Madrid . . . . .	12
3.1.2. El Cambio climático y su relación con el campo magnético terrestre en tiempos de pandemia COVID-19 en Santa Cruz de la Sierra . . . . .	13
3.1.3. Campos magnéticos no uniformes de frecuencia extremadamente baja inducen cambios en las relaciones hídricas, fotosíntesis y crecimiento de plantas tomate . . . . .	14
3.1.4. Localización de Magnetita en ojos de tortuga marina <i>chelonina agassizii</i> : implicaciones para la magnetocepción . . . . .	15
3.1.5. Campos magnéticos no uniformes de frecuencia extremadamente baja mejoran la tolerancia de las semillas ante la presencia de hongos . . . . .	16
3.1.6. Estimulación magnética transcraneal en la banda gama alta sobre la activación de la vía cortico-ganglio basal . . . . .	17
3.1.7. Efectos odontológicos de extractos foliares de <i>moringa oleifera</i> , procedente de estacas tratadas magnéticamente . . . . .	18
3.1.8. Uso del proceso de jerarquía analítica para seleccionar el mejor dispositivo de campo electromagnético . . . . .	19
3.1.9. Propiedades magnéticas en híbridos de magnetita con goma arabiga . . . . .	20
3.1.10. Bioestimulación electromagnética de baja frecuencia en cultivos del alga spirulina ( <i>arthrospira platensis</i> ) . . . . .	21
3.1.11. Modelo de red de estratificación proteica en respuesta a hipertermia magnética . . . . .	22
3.1.12. Potencial biotecnológico del bioelectromagnetismo en el contexto de la sostenibilidad ambiental. Un enfoque desde la complejidad . . . . .	23

3.1.13.	Efecto de la aplicación de campos magnéticos sobre el vigor y la germinación en semillas de achicoria industrial ( <i>Cichorium intybus</i> var. <i>Sativum</i> ) . . . . .	24
3.1.14.	Inducción de estrés oxidativo por campos electromagnéticos variables en plántulas de <i>nicotiana tabacum</i> . . . . .	25
3.1.15.	Efecto de campos electromagnéticos en el cuadro etológico de la cucaracha Lobster ( <i>Nauphoeta Cinerea</i> ) . . . . .	26
3.1.16.	Efecto antimicrobiano de agua electro-transferida sobre parásitos y bacterias . . . . .	27
3.1.17.	Efecto de un campo magnetico en el fenomeno de autoagregacion de <i>Escherichia coli</i> enteropatogena . . . . .	28
3.1.18.	¿Podrían los campos magnéticos restaurar los ritmos circadianos en células cancerígenas y afectar su proliferación? . . . . .	29
3.1.19.	Análisis de elementos finitos aplicado a la producción de campos magnéticos no-uniformes y su aplicación en biofísica . . . . .	30
3.1.20.	Inhibición de agregados de beta amiloide mediante vórtices de campos magnéticos en modelos <i>in vitro</i> . . . . .	31
3.1.21.	Estimulación magnética transcraneal en la banda gama alta sobre la activación de la vía cortico-ganglio basal . . . . .	32
3.1.22.	Tratamiento magnético en la potabilización y el tratamiento de aguas residuales . . . . .	33
3.1.23.	Evaluación de la exposición poblacional a las radiaciones no ionizantes en microambientes en las ciudades de Lima, Cusco y Pucallpa en el Perú, utilizando dosímetro personal . . . . .	34
3.1.24.	Campos electrostáticos, temperatura y daño tisular generados por diferentes geometrías de arreglos de electrodos: análisis numérico . . . . .	35
3.1.25.	Effect on magnetic field on crops . . . . .	36
3.1.26.	Inhibición de agregados de beta amiloide mediante vórtices de campos magnéticos en modelos <i>in vitro</i> . . . . .	38
3.1.27.	Campos magnéticos y su efecto sobre la germinación de maíz bajo niveles de estrés osmótico, <i>in vitro</i> . . . . .	39
3.1.28.	Disminución del tiempo de hospitalización y la prevalencia por biomagnetismo médico en nefropatías en el hospital “San Juan de Dios”, Oruro, Bolivia . . . . .	40
3.1.29.	Análisis térmico de un electroimán e implementación de un sistema de refrigeración de bajo coste . . . . .	41
3.1.30.	<i>Montijano-Bergues-Bory-Gompertz</i> equation to describe the kinetics of untreated tumors . . . . .	42
3.1.31.	Respuesta biológica cambiante ante diferentes parámetros de exposición a campo electromagnético en celulas tumorales . . . . .	43
3.1.32.	Evaluación de la exposición poblacional a las radiaciones no ionizantes en microambientes en las ciudades de Lima, Cusco y Pucallpa en el Perú, utilizando dosímetro personal . . . . .	45
3.2.	Posters . . . . .	46
3.2.1.	Redes sociales - Visualizar videos carteles en Facebook . . . . .	46

3.2.2.	Efecto de la estimulación magnética transcraneal excitatoria en los receptores CB1 y CB2 en ratas con traumatismo craneoencefálico .	46
3.2.3.	Efecto a largo plazo de los campos electromagnéticos en un modelo de Hemiparkinson en rata . . . . .	48
3.2.4.	Estimulación magnética transcraneal repetitiva de 10 y 1 Hz sobre un modelo animal de depresión . . . . .	49
3.2.5.	Receptores endocannabinoides en ratas con traumatismo craneoencefálico tratadas con estimulación magnética transcraneal de baja frecuencia . . . . .	50
3.2.6.	Macrófagos con citoplasmas ricos en depósitos ferromagnéticos: implicaciones para la transducción magnética . . . . .	51
3.2.7.	Expresión de c-Fos en tecto óptico de la tortuga <i>Chelonia agassizii</i> ante estímulos magnéticos . . . . .	52
3.2.8.	Microestimulación magnética y su efecto en sujetos con diagnóstico de depresión mayor . . . . .	53
3.2.9.	La respuesta de la vertiente dorsal ventricular de <i>Chelonia agassizii</i> ante estímulos magnéticos relevantes . . . . .	54
3.2.10.	Efecto de campos magnéticos intermitentes y de frecuencia extremadamente bajas sobre linfocitos de sangre de cordón umbilical . .	55
3.2.11.	Dispositivo de calefacción nano para inducción magnética con inversión autoresonador . . . . .	56
3.2.12.	Primeras etapas de desarrollo de un sintetizador de señales de bajo costo con fines magnetobiológicos . . . . .	57
3.2.13.	Variación en la actividad locomotora de ratas expuestas a campos electromagnéticos de extrema baja frecuencia . . . . .	58
3.2.14.	Análisis de la conducta motora en ratas sometidas a traumatismo craneoencefálico y expuestas a estimulación magnética transcraneal	59
3.2.15.	Efecto de estimulación magnética transcraneal en el receptor GABA <sub>a</sub> en cerebro de rata con traumatismo craneoencefálico . . . . .	60
3.2.16.	Señales magnéticas y eléctricas del sigmoide de cerdos con: isquemia inducida <i>vs.</i> línea base . . . . .	61
3.2.17.	Estudio de contaminación por radiación no ionizante en dos localidades de Xochimilco, Ciudad de México . . . . .	62
3.2.18.	Efecto de los campos electromagnéticos en la germinación y desarrollo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) . . . . .	63
3.2.19.	Control de microorganismos fitopatógenos mediante compuestos bioactivos extraídos con nanopartículas magnéticas de ferritas de zinc .	64
3.2.20.	Análisis proteómico de células de neuroblastoma expuestas a vórtices de campos electromagnéticos de baja frecuencia (ELF-VMF) . .	65
3.2.21.	Partículas magnéticas para terapia oncológica usando COMSOL . .	66
3.2.22.	Aplicación de hipertermia magnética para el tratamiento de tumores inducidos en modelos murinos . . . . .	67
3.2.23.	Efecto de los campos magnéticos estáticos, en marcadores de estrés oxidativo, en órganos de animal en restricción . . . . .	68
3.2.24.	Aislamiento y evaluación de un consorcio de cianobacteria de rizosfera de <i>Carica papaya</i> bajo riego con agua tratada magnéticamente	69

3.2.25. Dispositivo para el tratamiento magnético de bacterias acidolácticas: diseño y simulación . . . . .	70
3.2.26. Nanopartículas de magnetita para la purificación de una proteína recombinante . . . . .	71
3.2.27. Efecto de los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja en el cerebro de ratas estresadas . . . . .	72
3.2.28. Técnicas de medición en estudios radioeléctricos como indicadores de contaminación ambiental por campos EM en el rango de la RF .	73
3.2.29. Parámetros bioeléctricos de pacientes infanto-juvenil con cáncer sólido y no sólido vírgenes de tratamiento por el método de la bioimpedancia eléctrica . . . . .	74
3.2.30. Simulaciones Monte Carlo para obtener magnetización de nanopartículas de magnetita recubiertas de dopamina . . . . .	74
3.2.31. Efecto del campo magnético sobre el crecimiento, viabilidad y potencial bioenergético de microalgas cloríficas . . . . .	74

# COMITÉS

---

## 1.1. Científico

- Luis Bergues Cabrales  
*Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) - Cuba*
- Oswaldo Baffa Filho  
*Universidade de Sao Paulo - Brasil*
- Enrique Navarro  
*Universidad de Valencia - España*
- Ananta Vashisth  
*Division of Agricultural Physics ICAR-Indian Agricultural Research Institute - India*
- José Antonio Rojas  
*Universidad Autónoma de Nuevo León*
- Ceferino Maestu  
*Centro de Tecnología Biomédica (CTB) - Universidad Politécnica de Madrid (UPM)  
- España*
- Sylvia Leticia Verdugo Díaz  
*Universidad Nacional Autónoma de México - México*
- Javier Ignacio Torres Osorio  
*Universidad de Caldas - Colombia*
- Gustavo Basurto Islas  
*Universidad de Guanajuato Campus León - México*
- Rafael Guzmán Cabrera  
*Universidad de Guanajuato Campus Irapuato - Salamanca - México*
- Rodrigo Acuña López  
*Universidad Austral de Chile - Chile*
- Ángel de Souza Torres  
*Universidad de Granma - Cuba*
- Mayra Vanessa Herrera Ramos  
*Universidad de Caldas - Colombia*

- Roberto Vera  
*Facultad de Medicina- Universidad Autónoma «Tomás Frías» - Potosí-Bolivia*
- Patricia Victoria Torres Duran  
*Universidad Nacional Autónoma de México - México*
- Francisco Estrada  
*Universidad Nacional Autónoma de México - México*
- Teodoro Córdova Fraga  
*Universidad de Guanajuato Campus León - México*
- Mario Eduardo Cano  
*Universidad de Guadalajara Campus Ocotlan - México*
- Daniel Cahvez Valenzuela  
*Universidad de Guanajuato Campus León - México*

## 1.2. Organizador

- Javier Ignacio Torres Osorio  
*Universidad de Caldas - Colombia*
- Teodoro Cordava Fraga  
*Universidad de Guanajuato Campus León - México*
- Sylvia Leticia Verdugo Díaz  
*Universidad Autónoma de México - México*
- Gustavo Basurto Islas  
*Universidad de Guanajuato Campus León - México*
- Rafael Guzmán Cabrera  
*Universidad de Guanajuato Campus Irapuato - Salamanca - México*
- Rodrigo Acuña López  
*Universidad Austral de Chile - Chile*
- Ceferino Maestú Unturbe  
*Universidad Politécnica de Madrid - España*
- Ángel de Souza Torres  
*Universidad de Granma - Cuba*
- Patricia Victoria Torres Duran  
*Universidad Autónoma de México - México*
- Mayra Vanessa Herrera Ramos  
*Universidad de Caldas - Colombia*
- Roberto Vera  
*Facultad de Medicina - Universidad Autónoma «Tomás Frías» - Potosí- Bolivia*

### 1.3. Editorial

- Ana Sofía Varela Llamas  
*Estudiante Lic. Ingeniería Biomédica, Universidad de Guanajuato - México*
- Fabrizio Esteban Soisa Muñoz  
*Estudiante Lic. Ingeniería Biomédica, Universidad de Guanajuato - México*
- Gustavo Basurto Islas  
*Universidad de Guanajuato Campus León - México*
- Rafael Guzmán Cabrera  
*Universidad de Guanajuato Campus Irapuato - Salamanca - México*

# PROGRAMA

---

## 2.1. 14 de diciembre

### Inauguración

Javier Torres Osorio

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 09:00

---

### Medidas de campo electromagnético ambientales en España

Enrique Navarro

TEMA: Campos electromagnéticos ambientales, normatividad, mediciones y efecto sobre la salud.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 09:20

---

### El Cambio climático y su relación con el Campo magnético terrestre en tiempos de pandemia COVID-19 en Santa Cruz de la Sierra

Roberto Vera y Gustavo Quinteros Chávez.

TEMA: Campos electromagnéticos ambientales, normatividad, mediciones y efecto sobre la salud.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 10:10

---

### Potencial biotecnológico del bioelectromagnetismo en el contexto de la sostenibilidad ambiental, un enfoque desde la complejidad

Niza Inés Sepúlveda Asprilla.

TEMA: Biotecnología

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 10:30

---

**¿Afecta la radiación a la salud?: estudio de correlación entre medidas de radiación *in situ* y en tiempo real e indicadores de salud en Vallecas, Madrid**

Isabel López.

TEMA: Campos electromagnéticos ambientales, normatividad, mediciones y efecto sobre la salud.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 10:50

---

**Evaluación de la exposición poblacional a las radiaciones no ionizantes en microambientes en las ciudades de Lima, Cusco y Pucallpa en el Perú, utilizando dosímetro personal**

V. Cruz, M. Quispe, B. Guevara.

TEMA: Campos electromagnéticos ambientales, normatividad, mediciones y efecto sobre la salud.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 11:10

---

**Tratamiento magnético en la potabilización y el tratamiento de aguas residuales numérico**

Nuria de los Ángeles Vaillant López.

TEMA: Biotecnología

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 12:20

---

**Caracterización del dopaje Fluor 19- Grafeno. Utilizando RMN por Relajación**

José Luis García Bello.

TEMA: Biotecnología

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 12:40

---

**Inhibición de agregados de beta amiloide mediante vórtices de campos magnéticos en modelos *in vitro***

Martín Alejandro Maldonado Moreles.

TEMA: Modelos *in vitro* e *in vivo* en animales (vertebrados e invertebrados).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 13:00

---

**¿Podrían los campos magnéticos restaurar los ritmos circadianos en células cancerígenas y afectar su proliferación?**

María Florencia Guerra.

TEMA: Aplicación en humanos (terapias).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 13:20

---

**Estimulación magnética transcraneal en la banda gama alta sobre la activación de la vía cortico-ganglio basal**

Cinthia Sughey Aguilar Hernández.

TEMA: Modelos *in vitro* e *in vivo* en animales (vertebrados e invertebrados).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 13:40

---

**Efecto de campos electromagnéticos de 20 y 60 Hz en el cuadro etológico de la Cucaracha Lobster (*Nauphoeta cinerea*)**

Diego Antonio Morquecho Hernández.

TEMA: Modelos *in vitro* e *in vivo* en animales (vertebrados e invertebrados).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 14:00

---

**Influencia de los campos electromagnéticos en la molécula de agua**

José Antonio Heredia Rojas.

TEMA: Modelos *in vitro* e *in vivo* en animales (vertebrados e invertebrados).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/14

Hora: 14:30

---

## 2.2. 15 de Diciembre

***Effect of magnetic field on crops***

Ananta Vashisth.

TEMA: Agroindustria, sistemas vegetales y microorganismos.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/15

Hora: 09:00

---

**Campos magnéticos no uniformes de frecuencia extremadamente baja mejoran la tolerancia de las semillas ante la presencia de hongos**

Lilita Sueiro Pelegrín.

TEMA: Agroindustria, sistemas vegetales y microorganismos.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/15

Hora: 10:00

---

**Análisis térmico de un electroimán e implementación de un sistema de refrigeración de bajo coste**

Jhonatan Pineda – Javier Torres Osorio.

TEMA: Instrumentación, caracterización electromagnética y temas afines.  
Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>  
Fecha: 12/15  
Hora: 10:20

---

**Efecto de la aplicación de campos magnéticos sobre el vigor y la germinación en semillas de achicoria industrial (*Cichorium intybus*)**

Gabriela Guerrero Casas.

TEMA: Agroindustria, sistemas vegetales y microorganismos.  
Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>  
Fecha: 12/15  
Hora: 10:40

---

**Campos magnéticos no uniformes de frecuencia extremadamente baja inducen cambios en las relaciones hídricas, fotosíntesis y crecimiento de plantas de tomate**

Angel De Souza Torres.

TEMA: Agroindustria, sistemas vegetales y microorganismos.  
Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>  
Fecha: 12/15  
Hora: 11:00

---

**Inducción de estrés oxidativo por campos electromagnéticos variables en plántulas de *Nicotiana tabacum***

Abraham Octavio Rodríguez de la Fuente.

TEMA: Agroindustria, sistemas vegetales y microorganismos.  
Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>  
Fecha: 12/15  
Hora: 11:20

---

**Campos magnéticos y su efecto sobre la germinación en maíz bajo niveles de estrés osmótico, *in vitro***

Rodrigo Acuña López.

TEMA: Agroindustria, sistemas vegetales y microorganismos.  
Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>  
Fecha: 12/15  
Hora: 11:40

---

**Efecto de un campo magnético en el fenómeno de autoagregación de *Escherichia coli* enteropatógena**

María Alejandra Quiñones Peña.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/15

Hora: 12:20

---

**Efecto del tratamiento electromagnético de frecuencia extremadamente baja en el proceso de germinación de habichuela (*Vigna unguiculata L.*)**

Elizabeth Isaac Alemán et al.

TEMA: Agroindustria, sistemas vegetales y microorganismos.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/15

Hora: 12:40

---

**Localización de magnetita en ojos de tortuga marina *Chelonia agassizii*: implicaciones para la magnetocepción**

Zan Cuiriz Rios.

TEMA: Modelos *in vitro* e *in vivo* en animales (vertebrados e invertebrados).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/15

Hora: 13:00

---

**Aplicación de los campos electromagnéticos de baja intensidad en el control del síndrome fibromiálgico**

José María Gómez Argüelles.

TEMA: Aplicación en humanos (terapias).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/15

Hora: 13:20

---

**Efectos odontológicos de extractos foliares de moringa oleifera, procedente de estacas tratadas magnéticamente**

Diana Iris Rodríguez Pelarde.

TEMA: Aplicación en humanos (terapias).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/15

Hora: 13:40

---

**Disminución del tiempo de hospitalización y la prevalencia por biomagnetismo medico en nefropatías en el hospital “San Juan de Dios”, Oruro, Bolivia**

Francisco Mena; Efraín Coteja; Israel Ramirez.

TEMA: Aplicación en humanos (terapias).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/15

Hora: 14:00

---

**Sensores de campo magnético**

Oswaldo Baffa Filho.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/15

Hora: 14:30

## 2.3. 16 de Diciembre

**Respuesta biológica cambiante ante diferentes parámetros de exposición a campo electromagnético en células tumorales**

Ceferino Mestú.

TEMA: Aplicación en humanos (terapias). Magistral

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/16

Hora: 09:00

---

**Aplicación de hipertermia magnética para el tratamiento de tumores inducidos en modelos murinos**

Mario Eduardo Cano González.

TEMA: Instrumentación, caracterización electromagnética y temas afines.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/16

Hora: 10:10

---

**Análisis de elementos finito aplicado a la producción de campos magnéticos no-uniformes y su aplicación en biofísica.**

Daniel Chávez.

TEMA: Instrumentación, caracterización electromagnética y temas afines.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/16

Hora: 10:30

---

**Técnicas de medición en estudios radioelétricos como indicadores de contaminación ambiental por campos EM en el rango de la RF**

Nazario Felix.

TEMA: Campos electromagnéticos ambientales, normatividad, mediciones y efecto sobre la salud.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/16

Hora: 10:50

---

**Uso del proceso de jerarquía analítica para seleccionar el mejor dispositivo de campo electromagnético**

João Francisco Pollo Gaspar.

TEMA: Instrumentación, caracterización electromagnética y temas afines.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/16

Hora: 11:10

---

**Campos electrostáticos, temperatura y daño tisular generados por diferentes geometrías de arreglos de electrodos: análisis**

Enaide Maine Calzado.

TEMA: Instrumentación, caracterización electromagnética y temas afines.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/16

Hora: 11:30

---

***Equation to describe the kinetics of untreated tumors***

Narciso Antonio Villar Goris. Montijano-Bergues-Bory-Gompertz.

TEMA: Instrumentación, caracterización electromagnética y temas afines.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/16

Hora: 12:20

---

**Mapeo de campos magnéticos estáticos cerca de la superficie de teléfonos celulares**

Lucián Zastko.

TEMA: Campos electromagnéticos ambientales, normatividad, mediciones y efecto sobre la salud.

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/16

Hora: 12:40

---

**Modelo de red de estratificación proteica en respuesta a hipertermia magnética**

David Ramírez Ramírez y Teodoro Córdova Fraga.

TEMA: Modelos *in vitro* e *in vivo* en animales (vertebrados e invertebrados).

Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>

Fecha: 12/16

Hora: 13:00

---

**Propiedades magnéticas en híbridos de magnetita con goma arábica**

Dulce Guzmán, Mario Eduardo Cano, Jesús Bernal, Teodoro Córdova.  
TEMA: Instrumentación, caracterización electromagnética y temas afines.  
Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>  
Fecha: 12/16  
Hora: 13:20

---

**Acción de la corriente eléctrica directa en la interacción de linfocitos T de células cancerosas**

Luis Bergues Cabrales.  
Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>  
Fecha: 12/16  
Hora: 13:45

---

**Perspectivas de la magnetobiología y el bioelectromagnetismo Iberoamerica**

Mesa Redonda  
Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>  
Fecha: 12/16  
Hora: 14:45

---

**Mesa directiva y organizadores**

Clausura  
Será transmitido en vivo por Zoom: <https://renata.zoom.us/j/86784069278>  
Fecha: 12/16  
Hora: 15:45

---

# RESÚMENES

---

## 3.1. Conferencias orales

### 3.1.1. ¿Afecta la radiación a la salud?: medidas de radiación electromagnética y salud en Vallecas, Madrid

Isabel López de Mingo <sup>1</sup>

La exposición de la población general a la radiación electromagnética emitida por las estaciones de telefonía base es una de las grandes preocupaciones de aquellos que encuentran sus viviendas cercanas a estas estructuras por la posible relación entre los niveles de radiación que emiten y el desarrollo de patologías. Este estudio tiene como objetivo encontrar una relación, si existiera, entre algunos parámetros de salud y medidas de radiación electromagnética. Para ello, se han llevado a cabo 268 encuestas de salud, de diseño propio, completadas por un grupo de residentes del distrito de Vallecas en Madrid; y 105 medidas de radiación electromagnética en tiempo real e *in situ*, tomadas a través de un analizador de espectros y una antena isotrópica, tanto en el interior como en el exterior de las viviendas. Los resultados arrojaron valores significativos en la presencia de dolores de cabeza ( $p = 0,010$ ), padecimiento de pesadillas nocturnas ( $p = 0,001$ ), intensidad de dolores de cabeza ( $p < 0,001$ ), frecuencia con la que se mareo una persona ( $p = 0,011$ ) y número de horas que una persona duerme al día ( $p < 0,001$ ). Relativo al cáncer, se encuentra un 5,6 % de casos de cáncer en la población a estudio, un porcentaje 10 veces mayor que el que se presenta en la población española. Puede concluirse, a la vista de los resultados, que las personas que se encuentran expuestas a niveles más altos de radiación electromagnética sufren dolores de cabeza más severos y mareos, además de la presencia de pesadillas y una reducción del número de horas de sueño.

1. Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid. isabel.lopezd@alumnos.upm.es Máster en ingeniería biomédica (UPM), 1er semestre.

### **3.1.2. El Cambio climático y su relación con el campo magnético terrestre en tiempos de pandemia COVID-19 en Santa Cruz de la Sierra**

**Roberto Carlos Vera <sup>1</sup>, Gustavo Quinteros Chavez<sup>2</sup>**

El presente estudio relaciona los acontecimientos del contexto en el cual pasamos, por el efecto de la contaminación del aire, como también, la desertificación de los bosques que tienen una incidencia sobre el campo magnético terrestre de la tierra. A partir de la metodología explicativa, se evaluaron cuantitativamente, los niveles de campo magnético terrestre, los niveles de calidad de aires y la evidencia de los focos de calor dentro del mes de septiembre del 2020, para comprobar la interacción de estos factores de riesgos físicos y químicos en la superficie de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Los resultados muestran que en este periodo evaluado existe una estrecha relación de los factores estudiados, con un incremento mayor del riesgo en la salud en esta época de pandemia COVID-19, que aún no ha sido cuantificados por los efectos de la elevada concentración de contaminantes en el aire, llegando a considerarse adverso para la salud de la población, que se encuentra en el área de estudio e influir en las condiciones isotrópicas del ambiente y de la intensidad del campo magnético terrestre, el cual es muy importante para el desarrollo del ecosistema.

1. robertormc@gmail.com Carrera de Ciencias Ambientales-Facultad de Agronomía Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno-UAGRM Santa Cruz-Bolivia

2. gustavoq3@gmail.com Carrera de Ciencias Ambientales-Facultad de Agronomía Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno-UAGRM Santa Cruz-Bolivia

### 3.1.3. Campos magnéticos no uniformes de frecuencia extremadamente baja inducen cambios en las relaciones hídricas, fotosíntesis y crecimiento de plantas tomate

Angel De Souza Torres<sup>1</sup>, Lilita Sueiro Pelegrín<sup>2</sup>, Mario González Posada<sup>1</sup>,  
Dagoberto García Fernández<sup>2</sup>

El objetivo del trabajo es dilucidar los efectos durante el crecimiento vegetativo de los tratamientos magnéticos pre-siembra sobre las relaciones hídricas, fotosíntesis y crecimiento de plantas de tomate (*Vyta*) en condiciones de invernadero. Las semillas de tomate se expusieron a campos magnéticos (CM) no uniformes sinusoidales de onda completa rectificadas inducidos por un electroimán a 120 mT (rms) durante 10 min y a 80 mT (rms) durante 5 min. Se utilizaron semillas no tratadas como controles. Las plantas se cultivaron en bandejas de polietileno y se midieron el crecimiento de las plantas, las relaciones hídricas y la fotosíntesis. Las plantas de semillas tratadas magnéticamente mantuvieron un mejor estado hídrico foliar en términos de incrementos en el potencial hídrico, potencial osmótico, potencial de turgencia y contenido relativo de agua, y disminuciones en la conductancia estomática y la tasa de transpiración. La tasa neta de fotosíntesis, los contenidos de clorofila a, clorofila b, carotenoides y contenido total de clorofila se incrementaron en las plantas provenientes de semillas expuestas magnéticamente en comparación con los controles. Los tratamientos de CM conducen a un incremento notable en la longitud de la raíz, altura de la planta, masa seca de raíces y la parte aérea, área foliar por planta y tasas de crecimiento relativo de raíces y parte aérea. La aplicación de CMs no uniforme sinusoidal de onda completa rectificadas como tratamiento pre-siembra tiene el potencial de mejorar el crecimiento vegetativo de las plantas de tomate a través de la mejora de las relaciones hídricas y la fotosíntesis.

1. Departamento de Física y Matemática, Universidad de Granma, Apartado 21, Bayamo CP 85149, Granma, Cuba, angelrtdt2002@yahoo.com , mgonzalezposada@udg.co.cu
2. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, Bayamo, Granma, Cuba lisupe73@gmail.com , dgarcia@dimitrov.cu

### 3.1.4. Localización de Magnetita en ojos de tortuga marina *Chelonia agassizii*: implicaciones para la magnetocepción

Zan Cuiriz Ríos<sup>1</sup>, Jesús Arenas Alatorre<sup>2</sup>, Alma Lilia Fuentes Farías<sup>3</sup>,  
Gabriel Gutiérrez Ospina<sup>4</sup>

Estudios conductuales apoyan la idea de que las tortugas marinas perciben los valores de inclinación e intensidad del campo magnético terrestre. En teoría esta información les permite establecer un curso de navegación mientras migran o navegan en mar o en tierra. Sin embargo, las bases moleculares y celulares a través de las cuales las tortugas marinas transducen la información magnética son aun elusivas, no obstante, estudios de pulsos de re-magnetización suportan la idea de que podrían transducir información magnética mediante cristales ferromagnéticos, como la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Aunque, los cristales ferromagnéticos y los órganos magneto-sensoriales no han sido identificados de manera inequívoca en tortugas marinas u otros vertebrados. Sin embargo, en nuestro laboratorio se han identificado artefactos por susceptibilidad magnética en los ojos de la tortuga marina *Chelonia (C) agassizii*, lo que abre la posibilidad de que estos sean los órganos encargados de transducir la información magnética. Por tanto, en el presente trabajo evaluamos la presencia de magnetita en los tejidos y células oculares de crías de tortuga marina *Chelonia agassizii*, mediante técnicas histológicas, magnetometrías, de análisis elemental y cristalográficas. Nuestros resultados muestran la presencia en los ojos de depósitos férricos citoplasmáticos en células coroideas de este órgano, además, se identificaron cristales de magnetita de dominio simple en los extractos oculares de esta especie. Estos hallazgos abren la posibilidad de que estos órganos sensoriales sean uno de los sitios de transducción de la información magnética ambiental en estos vertebrados marinos.

### 3.1.5. Campos magnéticos no uniformes de frecuencia extremadamente baja mejoran la tolerancia de las semillas ante la presencia de hongos

Lilita Sueiro Pelegrín<sup>1</sup>, Angel De Souza Torres<sup>2</sup>, Dagoberto García Fernández<sup>1</sup>

Se evaluó el efecto del tratamiento con campos magnéticos no uniformes de frecuencia extremadamente baja sobre la microbiota de semillas de tomate (*Vyta*) durante su almacenamiento. Las semillas se trataron magnéticamente con 80 mT durante 5 min y de 120 mT durante 10 min y emplearon semillas sin tratamiento como control. Se identificaron las especies fungosas encontradas según las claves taxonómicas correspondientes, se midió la incidencia de aparición de especies fungosas, la cantidad de semillas con síntomas de enfermedad, la cantidad de semillas germinadas y la velocidad de germinación en diferentes momentos del almacenamiento (3, 6 y 18 meses). Los resultados mostraron una disminución significativa en la incidencia de aparición de especies fungosas, la cantidad de semillas con síntomas de enfermedad y un incremento en la cantidad de semillas germinadas y en la velocidad de germinación. Los resultados sugieren que el tratamiento magnético con campos magnéticos no uniformes de frecuencia extremadamente baja tiene el potencial para mejorar la tolerancia de las semillas ante la presencia de hongos durante el almacenamiento.

1. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, Cuba, lisupe73@gmail.com, dgarcia@dimitrov.com

2. Universidad de Granma, Cuba, angelrtdt2002@yahoo.com

### 3.1.6. Estimulación magnética transcraneal en la banda gama alta sobre la activación de la vía cortico-ganglio basal

Aguilar Hernández Cinthia Sughey<sup>1</sup>, Gutiérrez Ospina Gabriel<sup>2</sup>

La enfermedad de Parkinson (EP) está caracterizada por movimientos aberrantes asociados al mal funcionamiento de la vía cortico-ganglio basal. El modelo de osciladores postula que la integración de información por parte de la vía cortico-ganglio basal ocurre bajo un juego de oscilación y desincronización de sus ensambles. En la EP existe sobre-sincronización a nivel local y global. La estimulación eléctrica profunda en núcleos basales interrumpe la sobre-sincronización, pero existe riesgo asociado a la intervención quirúrgica. La Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) es una herramienta menos invasiva, por ello se explora el uso de frecuencias altas, como en la estimulación profunda, pero a baja intensidad para evitar focos epilépticos. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue cuantificar la expresión de c-fos (marcador de activación celular), en la corteza motora primaria (M1), estriado, Globo Pálido (GP), Núcleo Subtalámico (NST) y Sustancia Nigra pars compacta (SNpc), posterior a la EMT de alta frecuencia (135 Hz) y baja intensidad (10 mT). Para ello, se habituó a ratas macho a un casco con la bobina incluida. El día de la prueba, el estimulador se encendió por 20 min para el grupo experimental; siguió una espera de 90 min para capturar a c-fos por inmunohistoquímica. Resultados preliminares muestran mayor número de células c-fos<sup>+</sup> en el grupo experimental, comparado con sham y control, en todas las áreas exploradas. Los datos sugieren que las células nerviosas son sensibles a estimulación de 135 Hz a 10 mT de intensidad; no obstante, se requieren más estudios para explorar su potencia como herramienta terapéutica.

### 3.1.7. Efectos odontológicos de extractos foliares de *moringa oleifera*, procedente de estacas tratadas magnéticamente

Diana Iris Rodríguez Pelarde<sup>1</sup>, Sergio Rodríguez Rodríguez<sup>2\*</sup>, Ángel de Souza Torres<sup>3</sup>, Alexander Álvarez Fonseca<sup>4</sup>, Ramiro Gaibort Fernández<sup>5</sup>, Paula M. Plaza Zambrano<sup>6</sup>, Jorge Gaibort Guerra<sup>7</sup>

Es creciente en la actualidad el empleo de extractos vegetales para múltiples usos, entre ellos en la salud humana, debido entre otras causas a su inocuidad, fácil adquisición, preparación, y sus variadas propiedades que pueden potenciarse con el empleo previo de campos magnéticos. La *Moringa oleifera* es un árbol que debido a su rica y diversa composición química es objeto de crecientes investigaciones aplicadas en terapias nutricionales y médicas. Con la finalidad de evaluar el efecto de extractos de hojas de *Moringa oleifera*, variedad Criolla, procedentes de estacas tratadas magnéticamente sobre el porcentaje de recuperación de pacientes después de realizarle extracciones molares se desarrolló esta investigación. La intensidad del campo magnético fue de 15 T por espacio de 1,5 min. De 100 pacientes seleccionados a 50 se les indicó realizar buchadas de agua tibia hervida o esterilizada con el extracto vegetal y los otros 50 no realizaron buchadas o tratamiento control. Los pacientes que realizaron las buchadas con el extracto vegetal tres veces al día durante siete días presentaron un menor porcentaje de infección y se acortó el tiempo de cicatrización con relación al tratamiento control.

1. Policlínico Universitario Rene Vallejo Ortíz. Bayamo. Granma. Cuba. dianairis.rodriguez@nauta.cu
2. \*Autor para correspondencia. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma. Cuba. srodriguezr@udg.co.cu
3. Facultad de Ingeniería. Universidad de Granma. Cuba. atorres@udg.co.cu
4. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Bayamo. Granma. Cuba. alexanderf@dimitrov.cu
5. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. rgaibor@uteq.edu.ec
6. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. pplaza@uteq.edu.ec
7. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo. Ecuador. jgaibort7619@gmail.com

### **3.1.8. Uso del proceso de jerarquía analítica para seleccionar el mejor dispositivo de campo electromagnético**

**Gasparly JFP, Gasparly FP, Lhamby AR, Jacques EA, de Senna V, Ruiz-Padillo A, Minello IF, Simão EM, Beltrame RC, Siluk JCM**

La complejidad que implica la investigación clínica y el uso de la aplicación biomédica del electromagnetismo afecta la credibilidad que tiene dicha tecnología. Cualquier profesional que desee explorar los beneficios de los equipos emisores de campos electromagnéticos (CEM) pasa por el difícil proceso de toma de decisiones para seleccionar entre los diversos equipos existentes. Generalmente, las opciones principales son TENS, TMS, tDCS y PEMF. Sin embargo, tales opciones aún no han logrado disminuir las controversias científicas. El objetivo es utilizar el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) para tomar decisiones sobre el mejor equipo electromagnético. Se diseñó una construcción AHP de 3 niveles. Para la definición de criterios se tuvo en cuenta una estructura genérica, obtenida por asociación de observaciones directas y revisión bibliográfica. La ponderación de cada criterio se asignó de forma exploratoria con base en principios para mejorar la confiabilidad de la investigación clínica. Además de los cuatro equipos, se agregó una quinta alternativa, NEW, que representa una opción resultante de la innovación. Después de obtener y ponderar los criterios, el procesamiento de la matriz de decisión definió como mejor opción la innovación, NEW (39,68%). PEMF (16,92%) y TMS (16,08%) obtuvieron resultados prácticamente equivalentes. Consideraciones finales: Según AHP, innovar en modelos de dispositivos CEM capaces de satisfacer las necesidades de la investigación clínica y la actividad clínica es la mejor opción. Ante esto, existe una necesidad urgente de nuevos equipos para la aplicación biomédica de CEM en mayor armonía con las necesidades planteadas.

### 3.1.9. Propiedades magnéticas en híbridos de magnetita con goma arabiga

Dulce Guzmán<sup>1</sup>, Mario Eduardo Cano<sup>2</sup>, Jesús Bernal<sup>1</sup>, Teodoro Córdova<sup>1</sup>

El uso de nanopartículas magnéticas con una molécula orgánica, inorgánica o metálica como recubrimiento para evitar su oxidación y también para estabilizarlas en el caso de que se encuentren en ferrofluido, se ha diversificado ampliamente para aplicaciones biomédicas que van desde biosensores, como contraste para diagnóstico por imagen y para hipertermia magnética para tratamiento de cáncer. A pesar de que existen una gran cantidad de investigaciones de estas nanopartículas magnéticas que van desde la síntesis, propiedades estructurales, morfológicas y magnéticas, estas últimas ocupan nuestra especial atención para el desarrollo de este trabajo y su efecto con el recubrimiento de Goma Arábica, el cual es un biopolímero biocompatible y una opción prometedora para aplicaciones biomédicas. Para la obtención de las nanopartículas puras se usó el método de coprecipitación y el recubrimiento se agregó por sonicación. Se obtuvieron nanopartículas del híbrido con un tamaño de 11 nm, morfología esférica, un valor de saturación magnética de 56 emu/g y una temperatura de bloqueo de 353 K. Todos los resultados obtenidos de las caracterizaciones son prometedores para la posible aplicación de este híbrido en el área biomédica.

1. División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Guanajuato campus León. Lomas del Bosque 103, Lomas del Campestre, 37150 León, GTO, Mx
2. Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, Col., Av Universidad 2000 1115, Linda Vista, 47820 Ocotlán, Jal.  
6 to semestre, Doctorado en Física, da.guzmanrocha@ugto.mx

### 3.1.10. Bioestimulación electromagnética de baja frecuencia en cultivos del alga spirulina (*arthrospira platensis*)

Héctor Jesús Orozco Montemayor<sup>1</sup>, José Antonio Heredia Rojas<sup>2</sup>, Michaela Beltcheva<sup>3</sup> Abraham Octavio Rodríguez de la Fuente<sup>4</sup>, Omar Heredia Rodríguez<sup>5</sup>, Pedro César Cantú Martínez<sup>6</sup>, Ricardo Alberto Gómez Flores<sup>7</sup>

El interés por las microalgas se ha incrementado en años recientes, debido, entre otras cosas, a su potencial alimenticio. La importancia del alga filamentosa unicelular *Arthrospira platensis*, conocida como *Spirulina*, radica en que se comercializa en todo el mundo y posee un gran valor en el mercado; por su alto contenido de proteínas, vitaminas, minerales, y pigmentos fotosintéticos con potente acción antioxidante. Debido a lo anterior, se han buscado diversas estrategias con el propósito de incrementar la biomasa en su cultivo. Por otro lado, los estudios que reflejan el efecto que ejercen los campos electromagnéticos (CEM) en sistemas biológicos, han tenido gran relevancia debido al gran desarrollo tecnológico de las últimas décadas. En el presente estudio, se evaluó el efecto de la exposición de cultivos de *Spirulina* a CEM de 60 Hz de frecuencia y 1.0 mT de densidad de flujo magnético. Se sometieron cultivos a una exposición continua de 12 h durante 7 días. Inmediatamente después de la exposición, se evaluó la densidad celular del cultivo por medio de un conteo celular directo en cámara de *Newbauer*. Se observó un incremento en la densidad celular del cultivo expuesto a los CEM en comparación con cultivos no expuestos ( $p < 0.05$ ). Estos resultados sugieren, que una exposición a un CEM de 60 Hz y 1.0 mT de densidad de flujo magnético, resulta favorable para el crecimiento de las microalgas, y por consecuencia, tiene una potencial aplicación en sistemas de producción del alga *Spirulina*.

1. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, om.hector@outlook.com
2. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, jose.heredia@uanl.edu.mx
3. Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, mnedialkova@gmail.com
4. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, abraham.rodriguezd@uanl.edu.mx
5. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, omar.heredia@uanl.edu.mx
6. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, pedro.cantumr@uanl.edu.mx
7. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, ricardo.gomezfl@uanl.edu.mx

### 3.1.11. Modelo de red de estratificación proteica en respuesta a hipertermia magnética

D Ramirez<sup>1</sup> and T Cordova<sup>1</sup>

Nuestro método de estratificación de actividad proteica basado en sistemas dinámicos discretos integra la actividad de diversas proteínas abarcando distintos estados celulares, como: apoptosis, arresto celular, ciclo celular o senescencia y su respuesta al ser sometidas las células a hipertermia magnética. El modelo permite analizar alteraciones en múltiples proteínas bajo el estímulo simulando diversos tipos de células cancerígenas. La hipertermia magnética para el tratamiento de cáncer es una técnica que cada vez está teniendo mayor importancia en la comunidad científica. Específicamente nuestro modelo simula células sanas y células con cáncer que se describen mediante redes cableadas con una topología de red distinta como resultado de su actividad proteica. La dinámica de red toma decisiones considerando los distintos estímulos a los que se puede someter hasta llegar a un estado estacionario en el que la actividad proteica se mantiene constante dando como paisaje un posible atractor. Cuando diversos estímulos convergen en el mismo estado estacionario de actividad proteica a este se le conoce como atractor del sistema. Nuestro modelo estudió la actividad de las proteínas al estar sometidas a hipertermia magnética en diversos tipos de cáncer en busca de atractores los cuales; consisten en trayectorias desde todos los posibles estados de red iniciales hasta sus estados finales atractores y probando diferentes situaciones donde una o múltiples proteínas están inactivas. Nos enfocamos en el conjunto de estados atractores que eventualmente son alcanzados por diversas alteraciones. El objetivo principal fue conocer los atractores de la red mediante el uso de sistemas dinámicos y mostrar los atractores principales al someter a una célula sana y con cáncer a hipertermia magnética. Nuestros resultados no solo permiten la estratificación de la red en distintos grupos de respuesta, sino que también revelan los estados estacionarios y las proteínas que pueden ser más importantes para la red permitiendo así un diseño para posiblemente incrementar y acelerar la respuesta de las células al someterse a hipertermia magnética.

1. Departamento de Ingeniería Física DCI, Universidad de Guanajuato campus León. Loma del Bosque N. 103, Lomas del Campestre, 37150 León, GTO., México– triatleta.biofisico@gmail.com1 , septimo, Doctorado en Física.

Departamento de Ingeniería Física DCI, Universidad de Guanajuato campus León.Loma del Bosque N. 103, Lomas del Campestre, 37150 León, GTO., México– cordova@ugto.mx

### **3.1.12. Potencial biotecnológico del bioelectromagnetismo en el contexto de la sostenibilidad ambiental. Un enfoque desde la complejidad**

**Niza Inés Sepúlveda Asprilla<sup>1</sup>**

La influencia de los campos electromagnéticos (CEM) en los sistemas biológicos se ha constituido durante décadas en un tema de interés científico en diferentes áreas del conocimiento. Sin embargo, en el presente trabajo de investigación se presenta un abordaje de síntesis, trasladando el tema de los CEM al escenario de la ciencia de la sostenibilidad, incorporando un enfoque basado en los sistemas complejos, donde por medio de cartografía conceptual y el método ingenieril, se presenta a los sistemas biológicos como biorrefinerías con potencialidad biotecnológica ambiental para la bioelectrogenación, enfatizando de manera especial en la capacidad de algunas bacterias que con ayuda de las plantas y otros organismos, de manera sinérgica, son capaces de generar una red productora de bioelectricidad en sedimentos cargados con materia orgánica que por deficiencias en sistemas de saneamiento o gestión de residuos orgánicos se ven afectados. Lo anterior se desarrolla en Quibdó, capital del departamento del Chocó, región del pacífico Colombiano y se fundamenta en el paradigma electrosistémico propuesto por Nakamura y colaboradores del instituto Riken, comprendiéndose simultáneamente como una alternativa de Bioeconomía circular, que para el país se encuentra promovida a través de la política de crecimiento verde de *“conservar produciendo y produciendo conservando”*. Dicho de otra forma, se trata de una investigación en donde se propone una perspectiva integrada para ver, comprender, analizar, valorar y aprovechar el bioelectromagnetismo espontáneo presente en la sinergia de la biocenosis con la microcenosis de los ecosistemas, constituyéndose prospectivamente como un servicio ambiental.

### 3.1.13. Efecto de la aplicación de campos magnéticos sobre el vigor y la germinación en semillas de achicoria industrial (*Cichorium intybus* var. *Sativum*)

Guerrero, G.<sup>1\*</sup>; Cañete, A.<sup>2</sup>; Acuña, R.<sup>1</sup>

*C. intybus* es un cultivo industrial de cuyas raíces se extraen inulina y oligofructosa, fibras dietéticas utilizadas como ingredientes en la industria de alimentos dadas sus propiedades nutricionales y sus beneficios para la salud. Al momento de la siembra es frecuente observar problemas de vigor asociados a la germinación por temperaturas medias  $< 10^{\circ}\text{C}$ , ante esta problemática se han propuesto nuevas técnicas de acondicionamiento, dentro de las que destaca la aplicación de campos magnéticos uniformes (CM) en presiembra, la cual tiene un nulo impacto ambiental. En el laboratorio de Fitotecnia de la UACH, se sembraron en cuatro repeticiones, 50 semillas con problemas de germinación en frío, para seis tratamientos de CM aplicados con una bobina de *Helmholtz* con una densidad magnética de 17,1 mT que se ajustó para lograr seis dosis: D1 = 199; D2 = 299 y D3 = 499 kJm-3s, para el lote 1; y D4 = 277; D5 = 378 y D6 = 699 kJm-3s para el lote 2, además de sus respectivos controles a  $10^{\circ}\text{C}$  según normas ISTA como prueba de vigor. Se realizó un diseño de bloques con un test de T al 5% para cada lote. Los principales parámetros evaluados fueron  $G_{max}(\%)$  y  $T_{50maxG}$ , donde se observaron diferencias significativas entre el control y los tratamientos, obteniéndose aumentos de hasta un 20% en la germinación final en los tratamientos respecto al control, proyectando un escenario favorable para aumentar la uniformidad y vigor del cultivo para establecerse en condiciones de estrés térmico.

### 3.1.14. Inducción de estrés oxidativo por campos electromagnéticos variables en plántulas de *nicotiana tabacum*

Abraham Octavio Rodríguez de la Fuente<sup>1</sup>, Erick Freeze-Gallardo<sup>2</sup>, José Antonio Heredia Rojas<sup>3</sup>, Omar Heredia Rodríguez<sup>4</sup>, Pedro César Cantú Martínez<sup>5</sup>, Eulogio de la Cruz Torres<sup>6</sup>, Ricardo Alberto Gómez Flores<sup>7</sup>, Pedro Antonio Noguera Díaz-López<sup>8</sup>, Deyanira Quistián Martínez<sup>9</sup>

Actualmente, hay un gran interés por estudiar los efectos biológicos de la radiación electromagnética no ionizante, en particular la de los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (CEM-FEB) que son muy comunes en el ambiente contemporáneo. Se ha propuesto que estas radiaciones son potencialmente capaces de inducir estrés oxidativo en las células, lo que puede explicar, en parte, el efecto biológico de las mismas. En el presente estudio, se evaluó el efecto de CEM-FEB sobre la actividad enzimática relacionada al estrés oxidativo en tabaco. Plántulas de *Nicotiana tabacum* de la variedad *Xanthi*, fueron expuestas a CEM-FEB de 2.0 mT y 60 Hz de frecuencia por 24, 48, 72 y 96 h. Se midió la actividad de Ascorbato Peroxidasa (APX) y Catalasa (CAT) en extractos de hoja y raíz. Los resultados obtenidos, mostraron un incremento en la actividad de APX en extractos de hoja, luego de exponerlas a los campos electromagnéticos por 48, 72 y 96 h, pero no a las 24 h de exposición. Para los extractos de raíz, también se observó una actividad incrementada de APX a las 48 y 72 h de exposición, pero no a 24 y 96 h. Con respecto a la actividad de CAT, se vio un incremento en ambos extractos de hoja y raíz, a las 48, 72 y 96 h de exposición, pero no a las 24 h. Estos resultados sugieren que la exposición a CEM-FEB induce un estrés oxidativo en plántulas de *Nicotiana tabacum*.

1. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, abraham.rodriguez@uanl.edu.mx
2. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, ericmichi@hotmail.com
3. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, jose.heredia@uanl.edu.mx
4. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, omar.heredia@uanl.edu.mx
5. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, pedro.cantumr@uanl.edu.mx
6. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), México, eulogio.delacruz@inin.gob.mx
7. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, ricardo.gomezfl@uanl.edu.mx
8. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, pedro.lopezngdz@uanl.edu.mx
9. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, deyanira.quistianmrrt@uanl.edu.mx

### 3.1.15. Efecto de campos electromagnéticos en el cuadro etológico de la cucaracha Lobster (*Nauphoeta Cinerea*)

Diego Antonio Morquecho Hernández<sup>1</sup>, José Antonio Heredia Rojas<sup>2</sup>, Michaela Beltcheva<sup>3</sup>, Abraham Octavio Rodríguez de la Fuente<sup>4</sup>, Omar Heredia Rodríguez<sup>5</sup>, Ricardo Alberto Gómez Flores<sup>6</sup>, Pedro César Cantú Martínez<sup>7</sup>, Eulogio de la Cruz Torres<sup>8</sup>, José Alberto Valadez Lira<sup>9</sup>

Recientemente, se ha descubierto que los campos electromagnéticos (CEM) son capaces de alterar diversas funciones biológicas. En particular, los efectos de los CEM en el comportamiento animal han sido de gran interés en los últimos años, y como consecuencia, han aparecido en el mercado diversos dispositivos que emplean variadas frecuencias de CEM con objeto de controlar plagas animales. Se ha demostrado que estas radiaciones no ionizantes, a pesar de poseer una muy pequeña cantidad de energía, son capaces de causar efectos a nivel del sistema nervioso y por consecuencia un cambio conductual en los organismos. Un modelo muy socorrido en esta clase de investigaciones ha sido el de insectos, debido a la facilidad de manejo y que pueden estudiarse poblaciones relativamente grandes en espacios pequeños. En el presente estudio, se utilizó la cucaracha Lobster (*Nauphoeta cinerea*) como modelo experimental. Se evaluaron los efectos de los CEM de frecuencia extremadamente baja (20 y 60 Hz) y densidad de flujo magnético de 300  $\mu$ T y 1.0 mT respectivamente, sobre la frecuencia de comportamientos agonísticos de acuerdo a pruebas etológicas previamente descritas. Los resultados obtenidos, mostraron que se alteraron los patrones de comportamiento social de interacción o agrupamiento en animales expuestos a 20 Hz y 300  $\mu$ T de CEM al compararse con el grupo no expuesto ( $p < 0.05$ ). Con base en estos resultados, se concluye que una exposición a CEM es potencialmente capaz de inducir alteraciones en el cuadro etológico natural de la cucaracha Lobster (*Nauphoeta cinerea*).

1. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, diego.morquechoh@uanl.edu.mx
2. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, jose.herediard@uanl.edu.mx
3. Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, mnedialkova@gmail.com
4. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, abraham.rodriguez@uanl.edu.mx
5. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, omar.herediard@uanl.edu.mx
6. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, ricardo.gomezfl@uanl.edu.mx
7. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, pedro.cantumr@uanl.edu.mx
8. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), México, eulogio.delacruz@inin.gob.mx
9. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, jalvali79@yahoo.com.mx

### 3.1.16. Efecto antimicrobiano de agua electro-transferida sobre parásitos y bacterias

Omar Heredia Rodríguez<sup>1</sup>, María Porfiria Barrón González<sup>2</sup>, José Antonio Heredia Rojas<sup>3</sup>, Abraham Octavio Rodríguez de la Fuente<sup>4</sup>, Ricardo Alberto Gómez Flores<sup>5</sup>, Michaela Beltchev<sup>6</sup>, Pedro César Cantú Martínez<sup>7</sup>

Numerosos estudios han reportado el uso de terapias de medicina alternativa con el fin de inhibir el crecimiento microbiano. Entre ellas, se cuentan las terapias electromagnéticas (TEM). Las TEM incluyen el uso de variadas frecuencias de campos electromagnéticos, dentro de éstas se incluye a la bio-resonancia (BR), que implica la transmisión de información proveniente de diversas drogas a muestras de agua por medios electromagnéticos. En el presente estudio, se evaluó la BR mediante muestras de agua electro-transferidas con información de dos antibióticos; el metronidazol (MTZ) y la ceftriaxona (CFTX), en cuanto a su capacidad de inhibir el crecimiento del protozoario parásito *Entamoeba histolytica*, y las bacterias enteropatógenas *Helicobacter pylori*, *Serratia marcescens* y *Listeria monocytogenes* respectivamente. Cultivos axénicos de estos microorganismos, fueron tratados con agua transferida electrónicamente con información de las drogas MTZ y CFTX. Las muestras de agua pura (desionizada y estéril), fueron procesadas en un oscilador tipo BICOM versión 4.4 (*Regumed, Regulative Medizine Technik GmbH, Germany*, número de serie 202057299). Los resultados indicaron que el MTZ (1 mg/mL) electro-transferido al agua, mostró inhibición sobre *E. histolytica* cepa HM1-IMSS, al compararse con cultivos tratados con agua sin electro-transferir. Por su parte, los electro-transferidos de CFTX (1 mg/mL) solo mostraron actividad inhibitoria sobre *L. monocytogenes*, pero no sobre *H. pylori*, ni en *S. marcescens*. En ambos casos, se usó como control positivo el antibiótico original MTZ y CFTX cuyo efecto inhibitorio es bien conocido sobre estos microbios. Los resultados son prometedores para considerar la BR como una opción antimicrobiana.

1. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, omar.herediard@uanl.edu.mx
2. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, maría.barrongn@uanl.edu.mx
3. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, jose.herediaj@uanl.edu.mx
4. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, abraham.rodriguez@uanl.edu.mx
5. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, ricardo.gomezfl@uanl.edu.mx
6. Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria, mnedialkova@gmail.com
7. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, pedro.cantumr@uanl.edu.mx

### 3.1.17. Efecto de un campo magnetico en el fenomeno de auto-agregacion de *Escherichia coli* enteropatogena

María A. Quiñones-Peña<sup>1</sup>, Gustavo Tavizón<sup>2</sup>, Claudia Martínez-Anaya<sup>3</sup>,  
Ulises Hernández-Chiñas<sup>4</sup>, Carlos A. Eslava<sup>5</sup>

Las diarreas representan un problema de salud publica a nivel mundial, con cerca de 2 billones de casos y más de 400 mil muertes anuales, principalmente en los países en vías de desarrollo. Aunque la etiología del padecimiento es diversa, las bacterias y en particular *Escherichia coli* se considera entre los agentes responsables más frecuentes. En el presente trabajo se evaluaron los efectos en algunas características de la patogenicidad de *Escherichia coli* enteropatogénica (EPEC), de distintas magnitudes de un campo magnético estático (SMF). Se estudió la cepa EPEC E2348 / 69, evaluando su autoagregación ante la exposición aun SMF de diferente magnitud (53, 100, 400 mT), hasta por 45 min, también se evaluaron modificaciones en su patrón de adherencia y físicas. Los resultados obtenidos presentaron que la exposición de un SMF generó para la autoagregación una disminución hasta valores de cepas no patógenas; el patrón de adherencia presentó modificaciones, asemejándose al patrón producido por cepas que no contienen el plásmido que aumenta la expresión del factor de adherencia del enteropatógeno; y se reconoció por microscopia que se generan modificaciones físicas reversibles en la bacteria que no comprometen su permeabilidad. Con estos resultados se concluye que diferentes magnitudes y tiempos de exposición del SMF utilizados sobre EPEC son reconocidos y generan un cambio en su patogenicidad, a través de la disminución de su autoagregación hasta el abatimiento; generando cambios en el fenotipo de adherencia, relacionados con estructuras de virulencia; así como alteraciones en la estructura de EPEC sin modificar funciones vitales.

1. Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina UNAM, Mexico/ Laboratorio de Patogenicidad Bacteriana, Unidad de Hemato-Oncología e Investigación Hospital Infantil de México Federico Gómez/División de Investigación, Facultad de Medicina UNAM, México. aleqp@yahoo.com
2. Facultad de Química, UNAM, México. gtavizon@unam.mx
3. Instituto de Biotecnología, UNAM, México. claudia.m.anaya@gmail.com
4. Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina UNAM, Mexico/ Laboratorio de Patogenicidad Bacteriana, Unidad de Hemato-Oncología e Investigación Hospital Infantil de México Federico Gómez/División de Investigación, Facultad de Medicina UNAM, México. ulisesh@unam.mx
5. Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina UNAM, Mexico/ Laboratorio de Patogenicidad Bacteriana, Unidad de Hemato-Oncología e Investigación Hospital Infantil de México Federico Gómez/División de Investigación, Facultad de Medicina UNAM, México. eslava@unam.mx

### 3.1.18. ¿Podrían los campos magnéticos restaurar los ritmos circadianos en células cancerígenas y afectar su proliferación?

Guerra, María Florencia<sup>1</sup>, Lacoste, María Gabriela<sup>2</sup>, Anzulovich, Ana Cecilia<sup>2</sup>, Makinistian, Leonardo<sup>1</sup>

En la mayoría de los seres vivos, varias funciones biológicas muestran una ritmicidad circadiana, esto es, una variación temporal con una periodicidad cercana a las 24 h. Se ha demostrado que la desregulación del reloj circadiano está íntimamente relacionada con características propias de las células cancerígenas, como el excesivo crecimiento, entre otras. Hace varias décadas que se ha propuesto la noción de los campos magnéticos (CM) como zeitgebers—del alemán, “dador de tiempo” o “sincronizador”—. En otras palabras, un adecuado CM podría afectar la carcinogénesis a través de la regulación de los ritmos circadianos (RC). En línea con esto nos hemos planteado, ¿es posible que los CM puedan restaurar los RC teniendo un efecto terapéutico? Para poder responder esto, precisamos los conceptos de ‘ciclaje’, ‘intermitencia’ y ‘contenido positivo’ de la exposición. Hipotetizamos, en base a un profundo estudio de la literatura (PubMed, EMF Portal), que una configuración espacial y temporal apropiada del contenido positivo del CM podría ser responsable del acoplamiento a ciertas entidades moleculares (p.e., CRY) y ser capaz de cambiar su comportamiento físico-químico y temporal influyendo a los RC. Además, una intermitencia rítmica podría actuar como estresor y si la célula afectada es maligna, podría ser beneficioso (p.e., provocando apoptosis). En resumen, proponemos explorar la posibilidad de que los CM pueden inducir o tratar el cáncer a través de la modificación de los ritmos circadianos. El resultado dependerá no solo del contenido positivo y su duración, sino también de los patrones de intermitencia y ciclaje.

1. Departamento de Física, Instituto de Física Aplicada (INFAP), Universidad Nacional de San Luis (UNSL) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina. florguerra093@gmail.com;lmakinistian@gmail.com
2. Laboratorio de Cronobiología, IMIBIO-SL (CONICET –UNSL). Argentina. gabnela00@gmail.com;anzulova@gmail.com

### **3.1.19. Análisis de elementos finitos aplicado a la producción de campos magnéticos no-uniformes y su aplicación en biofísica**

**Daniel Chávez-Valenzuela<sup>1</sup>, Gustavo Basurto-Islas<sup>2</sup>**

Los campos magnéticos son entidades vectoriales, cuyo comportamiento depende directamente de las propiedades electromagnéticas del medio donde se propagan, ya sea un componente biológico o un material. Para poder producir y describir campos magnéticos con frecuencia, amplitud y contenido multipolar específico, es necesario determinar la geometría del medio y la variación de la permitividad magnética a través de los objetos presentes en la región de interés. Esto inevitablemente implica la resolución simultánea de millones de ecuaciones diferenciales parciales, convirtiéndolo en un problema numérico. En este trabajo, aplicamos el método de análisis de elementos finitos para determinar la distribución de los campos magnético y térmico, producidos por una bobina de Rodin tipo estrella, utilizada para inhibir efectos biológicos relacionados con la enfermedad de Alzheimer en muestras celulares.

1. Departamento de Física, División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Guanajuato, León, México; dchavez-magnetlab@gmail.com
2. Departamento de Ingenierías Química, electrónica, biomédica, División de ciencias e ingenierías, Universidad of Guanajuato, León, México; gustavo.basurto@ugto.mx

### 3.1.20. Inhibición de agregados de beta amiloide mediante vórtices de campos magnéticos en modelos *in vitro*

Martín Alejandro Maldonado-Moreles<sup>1</sup>, Gustavo Basurto-Islas<sup>2</sup>, Teodoro Cordova-Fraga<sup>3</sup>, Herlinda Bonilla-Jaime<sup>4</sup>, y Perla Y. López-Camacho<sup>5</sup>

La enfermedad de Alzheimer se asocia con la acumulación anormal en el cerebro de agregados de proteína tau seguido, evolutivamente, del péptido beta amiloide (PA). Se cree que la inhibición de la agregación del PA podría ser la clave para detener el avance de la enfermedad. Esta investigación se basa en el estudio del efecto inhibitorio de los campos magnéticos vorticiales (CMV) en la agregación del PA. El estudio se realizó en dos sistemas: En la agregación del PA recombinante expuesto a CMV de 1.5 mT por 24 h. Finalmente células SH-SY5Y sometidas a la citotoxicidad del PA en presencia de CMV por 24 h con una intensidad de 1.5 mT. El efecto inhibitorio se analizó mediante de fluorometría y Western blot, donde se identificó una inhibición del 86 % en la agregación del PA con respecto al control sin exposición a CMV. En el modelo celular, los CMV promovieron el incremento de la viabilidad celular, inhibieron la agregación del PA y rescataron a las células de la toxicidad inducida por el péptido. Así demostramos la efectividad del campo magnético en la inhibición de la agregación del PA, estableciendo las bases para próximos experimentos que involucren CMV.

1. Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México; xandro<sub>k</sub>@hotmail.com *DivisíndeCienciaseIngenieras, UniversidaddeGuanajuato, Len, Mxico; gustavo.basurto@ugto.mx*

2. División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Guanajuato, León, México; theo@fisica.ugto.mx

3. Departamento de Biología de la Reproducción, Lab de Psicobiología, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México, México; bjh@xanum.uam.mx

4. Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma Metropolitana Cuajimalpa, Ciudad de México, México; plopezc@cua.uam.mx

### 3.1.21. Estimulación magnética transcraneal en la banda gama alta sobre la activación de la vía cortico-ganglio basal

Aguilar Hernández Cinthia Sughey<sup>1</sup>, Gutiérrez Ospina Gabriel<sup>2</sup>

La enfermedad de *Parkinson* (EP) está caracterizada por movimientos aberrantes asociados al mal funcionamiento de la vía cortico-ganglio basal. El modelo de osciladores postula que la integración de información por parte de la vía cortico-ganglio basal ocurre bajo un juego de oscilación y desincronización de sus ensambles. En la EP existe sobre-sincronización a nivel local y global. La estimulación eléctrica profunda en núcleos basales interrumpe la sobre-sincronización, pero existe riesgo asociado a la intervención quirúrgica. La Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) es una herramienta menos invasiva, por ello se explora el uso de frecuencias altas, como en la estimulación profunda, pero a baja intensidad para evitar focos epilépticos. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue cuantificar la expresión de c-fos (marcador de activación celular), en la corteza motora primaria (M1), estriado, Globo Pálido (GP), Núcleo Subtalámico (NST) y Sustancia Nigra pars compacta (SNpc), posterior a la EMT de alta frecuencia (135Hz) y baja intensidad (10mT). Para ello, se habituó a ratas macho a un casco con la bobina incluida. El día de la prueba, el estimulador se encendió por 20 minutos para el grupo experimental; siguió una espera de 90 minutos para capturar a c-fos por inmunohistoquímica. Resultados preliminares muestran mayor número de células c-fos+ en el grupo experimental, comparado con sham y control, en todas las áreas exploradas. Los datos sugieren que las células nerviosas son sensibles a estimulación de 135Hz a 10mT de intensidad; no obstante, se requieren más estudios para explorar su potencia como herramienta terapéutica.

1. Facultad de Psicología, UNAM. México mdnqp@hotmail.com Pasante de Psicología. Tesis para obtener la licenciatura en Psicología
2. Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM México

### 3.1.22. Tratamiento magnético en la potabilización y el tratamiento de aguas residuales

MSc. Ing. Nuria de los Ángeles Vaillant López<sup>1</sup>, Ing. Luis Ernesto Fernández Revilla<sup>2</sup>

En la actualidad, es imprescindible incorporar métodos y tecnologías más limpias y eficientes en la elevación de la calidad del agua para el consumo humano, el riego agrícola, o el uso industrial. El tratamiento magnético se presenta como una tecnología innovadora, limpia, de rápida amortización, sin consumo adicional de energía, y de fácil y sencilla aplicación, aunque los mecanismos de acción del campo magnético con el agua son aún polémicos y poco conocidos. En el presente trabajo se revisan brevemente la interacción del agua con el campo eléctrico y magnético y el estado actual de las investigaciones acerca de los múltiples beneficios del tratamiento magnético en la potabilización y el tratamiento de aguas residuales, demostrando su efecto en la eliminación de algas, microalgas, bacterias, relacionados directamente con la calidad del agua, y la eficacia en la adsorción de metales pesados como el cobre, el níquel o el cadmio, para la regeneración de aguas contaminadas. **PALABRAS CLAVES:** tratamiento magnético, tratamiento de aguas residuales, potabilización, desincrustante, alguicida, bactericida.

1. Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”. Calle 114 11901 e/Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba; e-mail: nuriaavl@civil.cujae.edu.cu
2. Empresa de Proyecto para las Industrias Varias (PROVARI). Diseño e Ingeniería. Calle 31A 1805 e/18 y 20. Playa. La Habana. Cuba. L luisernestofr96@gmail.com

### 3.1.23. Evaluación de la exposición poblacional a las radiaciones no ionizantes en microambientes en las ciudades de Lima, Cusco y Pucallpa en el Perú, utilizando dosímetro personal

V. Cruz, M. Quispe, B. Guevara

Existe una gran preocupación acerca de los posibles efectos negativos en la salud de las personas debido a su exposición a la radiación no ionizante generada por los equipos de telecomunicaciones y sistemas de baja frecuencia. Debido a ello es que instituciones como el ICNIRP han establecido niveles límites de exposición, en términos del campo eléctrico y magnético y como medida precautoria. Asimismo se han establecido protocolos que deben ser ejecutados para que la intensidad de dichos campos pueda ser medida de manera adecuada. Dichos procedimientos, dependiendo de la naturaleza de la fuente de radiación, pueden demandar mucho tiempo de trabajo en campo y el uso de equipo muy costoso por lo que en la práctica no es posible realizar campañas masivas de evaluación de niveles de radiación no ionizante. No obstante que este tipo de estudios es necesario, especialmente en microambientes en los cuales haya una alta concentración de personas, de niños o en donde se encuentren personas con problemas de salud. Considerando esta necesidad, es que se han realizado estas mediciones con un dosímetro personal calibrado con el fin de obtener valores referenciales de nivel de radiación en diversos microambientes en tres ciudades del Perú representativas de las tres regiones naturales como son Lima (Costa), Cuzco (Sierra) y Pucallpa (Selva) . Se obtuvo la contribución individual al nivel de radiación de 20 servicios de telecomunicaciones en cada lugar evaluado. Los valores obtenidos son muy inferiores a los límites de exposición, siendo el máximo nivel de exposición de 24.5 %, que se corresponde con el nivel de campo eléctrico de 6.86V/m para el servicio de radiodifusión FM. Este tipo de estudios puede permitir rápidamente encontrar los lugares en los cuales se presentan niveles de radiación comparables con los límites de exposición con el fin de tomar medidas precautorias.

**Keywords**— Radiación no ionizante, dosímetro personal, microambiente, campo eléctrico, ICNIRP

### 3.1.24. Campos electrostáticos, temperatura y daño tisular generados por diferentes geometrías de arreglos de electrodos: análisis numérico

Enaide Maine Calzado<sup>1,5</sup>, Fidel Valentín Giro Uribazó<sup>1,6</sup>, Francisco Javier Monier García<sup>1</sup>, Maraelys Morales González<sup>2</sup>, Leonardo Mesa Torres<sup>3</sup>, Jorge Luis García Rodríguez<sup>3</sup>, Eduardo J Roca Oria<sup>4</sup>, Pablo Guillermo Turjanski<sup>5</sup>, Nahuel Manuel Olaiz<sup>6</sup> y Luis Enrique Bergues Cabrales<sup>3</sup>

El análisis integrado de las distribuciones espaciales del potencial eléctrico, intensidad del campo eléctrico, temperatura y daño tisular generado por múltiples matrices de electrodos de aguja recta insertados en tumores, es uno de los desafíos más importantes para mejorar la efectividad del tratamiento electroquímico. Este trabajo realiza la simulación de los perfiles espaciales de estas magnitudes físicas generadas por múltiples electrodos insertados individualmente en el tumor y múltiples pares de electrodos de aguja recta insertados en él, rodeado de su tejido sano circundante. Las ecuaciones no lineales de Poisson y de Laplace se utilizan para calcular el potencial eléctrico en el tumor y en el tejido sano circundante, respectivamente. La ecuación de transferencia de calor biológico estacionario de Pennes se utiliza para calcular la temperatura en ambos tejidos. El porcentaje de daño tisular se calcula en cada medio biológico para cada forma de matriz de electrodos. Las simulaciones numéricas muestran que las distribuciones espaciales no homogéneas de la temperatura (por encima de 40°C) generadas por diferentes tipos de pares múltiples de electrodos de aguja recta, cubren todo el volumen del tumor. Perfiles espaciales de esta magnitud física generados por múltiples electrodos de aguja recta que se insertan individualmente en el tumor cubren parcialmente su volumen. Además, las simulaciones revelan que múltiples pares de electrodos provocan porcentajes de daño tumoral superiores al 80%. Por el contrario, los electrodos multipolares insertados individualmente en el tumor inducen porcentajes de daño inferiores al 25%. Se concluye que los pares múltiples de electrodos de aguja recta pueden dirigirse a tumores sólidos profundos tratados con terapia electroquímica, teniendo en cuenta sus altos porcentajes de daño tumoral calculados teóricamente.

Palabras Claves: Terapia electroquímica; arreglos de electrodos; potencial eléctrico; campo eléctrico; temperatura; porcentaje de daño tisular.

1. Departamento de Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones, Informática y Biomédica, Universidad de Oriente, Cuba.
2. Departamento de Farmacia, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
3. Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Departamento de Ciencias e Innovación, Universidad de Oriente, Cuba.
4. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
5. Instituto de Ciencias de la Computación, Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, CONICET, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
6. Instituto de Física del Plasma, Departamento de Computación, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, CONICET, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 1E-mail: enaide8702@gmail.com

### 3.1.25. Effect on magnetic field on crops

Dr. Ananta Vashisth<sup>1</sup>

Magnetic field treatments of seeds had shown significant effects on the enhancement of crop growth. They influence the physiological and biochemical process in the seeds, and thereby contribute to greater vigour and improved crop stand. Seed treatment by magnetic field is not only cost effective but also significantly improves the yield without adversely affecting the environment. In an experiments conducted at IARI, New Delhi, India, seeds of chickpea, maize, sunflower and tomato were exposed to static magnetic fields of different strength for different duration by an electromagnetic field generator with varying field strength. Results indicate that magnetic field application enhanced the seed performance in terms of germination percentage, speed of germination, seedling length and seedling dry weight significantly compared to unexposed control. Among the various combinations of field strength and duration best results were obtained with magnetic field 200 mT for 1h exposure in maize, 100 mT for 1h exposure in chickpea, 200 mT for 2h exposure in sunflower and 00 mT for 30 min in tomato. In case of chickpea magnetic field application improvement over untreated control was 5-11 % for germination, 8-26 % for speed of germination, 12-34 % for shoot length, 5-90 % for root length, 38-57 % for total seedling length and 25-47 % for seedling dry weight. The calculated vigour indices I and II also increased by 46-71 % and 32-58 % respectively. Similar improvement was observed in case of maize, sunflower and tomato. In field experiment conducted for chickpea, maize and sunflower, seeds were exposed by standardize magnetic field and sown under field conditions along with unexposed control. Results showed that all seedling parameters such as shoot height, root length, shoot and root dry weight of the one month old plants raised from magnetically treated seeds exhibited highly significant increase over the control. In case of chickpea shoot height increased by 34 %, root length increased by 37 %, shoot dry weight increased by about 80 %, root dry weight by 30 %, leaf area index by 38 % and total chlorophyll by 22 %. No of nodules were significantly higher in the plants raised from magnetically treated seeds than untreated control. The root surface area increased by 63 %, volume by 24 % and total root length doubled in plants raised from magnetically exposed seeds. The improvement in the no of braches and sub-branches were 40 % and 88 % in the four months old plants raised from magnetically exposed seeds as compared to untreated control. Biomass and number of pod were found to be double in four months old plants raised from magnetically exposed seeds. Seed yield was also found to be significantly higher in magnetic treatment. Similar improvement was observed in case of maize and sunflower. During the subsequent process of imbibition seed water proton could be classified into a three-component system and after sprouting water protons re-organised into two different fractions. In magnetically exposed seeds, the third component corresponding to hydration water appeared earlier than unexposed control seeds. Early appearance of hydration water with least mobility and greater values of relaxation times of cytoplasmic bulk water and hydration water in magnetically treated seeds over untreated seeds. Early hydration of macromolecules and membranes and greater molecular mobility of bulk and hydration water fractions in magnetically exposed seeds may be responsible for quicker germination and early seedling vigour in crop. Amylase, dehydrogenase and protease activities were significantly higher in magnetically exposed seeds as compared to unexposed control seeds during germination. Analyzing water sorption isotherms showed that magnetically

exposed seeds had less strong and multimolecular binding sites and more weak binding sites as compared to the unexposed seeds. This indicates that the modification of binding properties of seed water and increased seed membrane integrity in magnetically exposed seeds might have enhanced the germination traits and early seedling growth of crop. This study indicates that magnetic field application enhanced the seed performance and seed exposed to magnetic field improved germination characteristics, root characteristics, crop growth and yield.

1. Division of Agricultural Physics. ICAR-Indian Agricultural Research Institute, New Delhi-110012, INDIA.

### 3.1.26. Inhibición de agregados de beta amiloide mediante vórtices de campos magnéticos en modelos *in vitro*

Martín Alejandro Maldonado-Moreles<sup>1</sup>, Gustavo Basurto-Islas<sup>2</sup>, Teodoro Cordova-Fraga<sup>3</sup>, Herlinda Bonilla-Jaime<sup>4</sup>, y Perla Y. López-Camacho<sup>5</sup>

La enfermedad de Alzheimer se asocia con la acumulación anormal en el cerebro de agregados de proteína tau seguido, evolutivamente, del péptido beta amiloide ( $P\beta A$ ). Se cree que la inhibición de la agregación del  $P\beta A$  podría ser la clave para detener el avance de la enfermedad. Esta investigación se basa en el estudio del efecto inhibitorio de los campos magnéticos vorticiales (CMV) en la agregación del  $P\beta A$ . El estudio se realizó en dos sistemas: En la agregación del  $P\beta A$  recombinante expuesto a CMV de  $\sim 1.5$  mT por 24 h. Finalmente células SH-SY5Y sometidas a la citotoxicidad del  $P\beta A$  en presencia de CMV por 24 h con una intensidad de  $\sim 1.5$  mT. El efecto inhibitorio se analizó mediante de fluorometría y Western blot, donde se identificó una inhibición del  $\sim 86\%$  en la agregación del  $P\beta A$  con respecto al control sin exposición a CMV. En el modelo celular, los CMV promovieron el incremento de la viabilidad celular, inhibieron la agregación del  $P\beta A$  y rescataron a las células de la toxicidad inducida por el péptido. Así demostramos la efectividad del campo magnético en la inhibición de la agregación del  $P\beta A$ , estableciendo las bases para próximos experimentos que involucren CMV.

1. Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México; xandro\_k@hotmail.com
2. División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Guanajuato, León, México; gustavo.basurto@ugto.mx
3. División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Guanajuato, León, México; theo@fisica.ugto.mx
4. Departamento de Biología de la Reproducción, Lab de Psicobiología, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México, México; bjh@xanum.uam.mx
5. Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma Metropolitana Cuajimalpa, Ciudad de México, México; plopezc@cua.uam.mx

### 3.1.27. Campos magnéticos y su efecto sobre la germinación de maíz bajo niveles de estrés osmótico, *in vitro*

Rodrigo Acuña L.<sup>1</sup>; Gabriel Cristi S.<sup>1</sup>

El estrés osmótico, ya sea por salinidad o sequía, es un factor limitante que afecta la germinación y el vigor en semillas. Ante esta problemática, se ha estudiado la aplicación de campos magnéticos (CM) como un método de acondicionamiento ecológico y efectivo. En el siguiente ensayo se utilizaron semillas de maíz var. Kroissans (®) con seis meses de almacenaje. Con ellas, se realizaron ensayos de germinación bajo distintos niveles osmóticos o de Conductividad Eléctrica (0,4 dS/m, 2.08 dS/m y 3,2 dS/m, más un control) y se aplicaron diferentes dosis magnéticas (0, 299 y 899 kJ m-3s) en cada nivel de salinidad. De acuerdo con lo anterior, se evaluó la uniformidad y el tiempo medio de germinación (T 50), utilizándose el modelo de hidrotiempo para determinar el efecto de los CM sobre el potencial hídrico ( $\Psi$ ). Como resultado, en los tratamientos de mayor salinidad las dosis de mayor intensidad magnética causaron un aumento de hasta un 14,5% en el  $\Psi$ , lo que conllevó una mayor velocidad de imbibición de las semillas en un menor tiempo (T 50), y un por tanto un aumento de la tolerancia al estrés hídrico o salino ( $\alpha = 0,05$ ), lo que se habría relacionado con procesos de osmorregulación por el uso de CM. El trabajo permitió concluir que el efecto vigorizante de los CM puede ser una interesante alternativa de investigación para el establecimiento de cultivos con semillas, como parte de las estrategias para mitigar el efecto del cambio climático, proyectándose como una técnica favorable ante condiciones de estrés.

1. Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias, Universidad Austral de Chile. e-mail: rodrigoacuna@uach.cl

### 3.1.28. Disminución del tiempo de hospitalización y la prevalencia por biomagnetismo médico en nefropatías en el hospital “San Juan de Dios”, Oruro, Bolivia

Francisco Mena F<sup>1</sup>; Efraín Coteja Y.<sup>2</sup>; Israel Ramirez<sup>2</sup>

Se propuso un programa piloto con tratamiento de Biomagnetismo Médico (BM) a pacientes hospitalizados con problemas renales con seguimiento formal de Autoridades Sanitarias del Hospital San Juan de Dios, Oruro, Bolivia, buscan demostrar y comprobar la eficacia del BM. Se consideraron 44 pacientes con insuficiencia renal en diferentes edades y se estableció un pronóstico medio alopático de 14 días de tratamiento. Los pacientes fueron sometidos a cuatro sesiones de 30 min, durante cuatro días seguidos con la terapia de (BM) (Goiz, 1988) por aplicación de campos magnéticos en base a imanes de neodimio de 1800 Gauss (0,18 T) los que fueron situados sobre órganos alterados en acidez y alcalosis, condición promotora del desarrollo microbiano y disfunciones. La hemodiálisis de los 44 pacientes disminuyó en un 100 %, y sus dificultades clínicas disminuyeron sensiblemente. Los valores de la creatinina tuvieron la misma disminución con tratamiento BM lo que permitió dar de alta al cuarto día a todos los pacientes, eliminando además y por completo la prevalencia de acuerdo al momento del estudio identificado, eliminando además el consumo de medicación. Los resultados demostraron que el Biomagnetismo fue una técnica efectiva para el 100 % de los pacientes tratados, suspendiéndose la permanencia hospitalaria. Los datos se respaldan con análisis clínicos *ex-ante* y *ex-post* en base a análisis de laboratorio y diagnóstico de la medicina alopática.

1. Centro de Biomagnetismo Médico “Doctor Isaac Goiz Durán”.

2. Hospital San Juan de Dios, Oruro, Bolivia.  
e-mail: mena.francisco2014@gmail.com

### **3.1.29. Análisis térmico de un electroimán e implementación de un sistema de refrigeración de bajo coste**

**Jhonatan Pineda, Javier Torres Osorio**

Los electroimanes con núcleo de hierro son considerados una herramienta para el tratamiento magnético de sistemas biológicos pero se debe tener en cuenta el incremento de temperatura por efecto joule, que afectará el experimento. Se presenta un dispositivo para refrigeración a bajo costo y el análisis térmico de este se usó un electroimán GMW5403 que opera hasta 50.0 A, y con separación entre los núcleos de 1.0 cm genera 1.30 T. Se operó con alimentación constante a 19.04A durante 90 min. Las mediciones de temperatura se realizaron con una cámara termográfica FLUKE® Ti5, posicionada a 50.0 cm de las bobinas, según manual de la cámara. El sistema de refrigeración implementado presenta una zona de radiación de 720 cm<sup>2</sup>, acoplado a 10 ventiladores de 12.0 cm, un contenedor de 3.5 l y una bomba de 5.0 l/min, para impulsar la recirculación del refrigerante. Estos se acoplan mediante un ducto de poliuretano de 0.6 cm de diámetro interno. Todos conectados en serie al electroimán; los ventiladores generan un flujo aproximado a 350 cfm. La variación de temperatura disminuyó de 0.28°C/min sin refrigeración a 0.09°C/min con el sistema propuesto. Lo que implica que con operación continua por 90 min paso de un incremento de 27°C sobre la temperatura ambiente a 10°C con el sistema de refrigeración. La tasa de incremento de temperatura sin refrigerante presenta un valor que debe ser tenido en cuenta, dado que esto afectará la respuesta de los experimentos, por lo que el sistema propuesto presenta una relación costo-beneficio apta para ser replicado.

### 3.1.30. *Montijano-Bergues-Bory-Gompertz equation to describe the kinetics of untreated tumors*

**Antonio Rafael Selva Castañeda, Erick Ramírez Torres, Narciso Antonio Villar Goris, Maraelys Morales González, Juan Bory Reyes, Victoriano Gustavo Sierra González, María Schonbek, Juan Ignacio Montijano, Luis Enrique Bergues Cabrales.**

Se han utilizado diferentes ecuaciones para describir y comprender la cinética de crecimiento de los tumores sólidos malignos no perturbados. El objetivo de este trabajo es proponer una nueva formulación de la Ecuación de Gompertz en términos de diferentes parámetros de un tumor maligno: La tasa de crecimiento intrínseca del tumor, el factor de desaceleración, la tasa de apoptosis, el número de células correspondiente al tiempo de latencia del tumor y las dimensiones fractales del tumor y su contorno. Se utilizan diferentes formulaciones de la ecuación de Gompertz para ajustar experimentalmente los datos de los tumores de Ehrlich y fibrosarcoma Sa-37 que crecen en ratones BALB / c / Cenp machos. Los parámetros de cada ecuación se obtienen de estos ajustes. La nueva formulación de la ecuación de Gompertz revela que el número de células inicial cancerosas en la ecuación convencional de Gompertz no son una constante sino una variable que depende no linealmente del tiempo y el factor de desaceleración tumoral. A su vez, este factor de desaceleración depende de la tasa de apoptosis de las células tumorales y las dimensiones fractales del tumor y su contorno irregular. Se concluye que esta nueva formulación tiene dos parámetros que se estiman directamente a partir de los experimentos se describen bien la cinética de crecimiento de los tumores de Ehrlich y fibrosarcoma Sa-37 no perturbados. Y se confirma el origen fractal de la formulación de Gompertz y las propiedades fractales de los tumores.

### **3.1.31. Respuesta biológica cambiante ante diferentes parámetros de exposición a campo electromagnético en células tumorales**

**Ceferino Maestu**

Los campos electromagnéticos que nos rodean exponen a los diferentes sistemas biológicos a un conjunto de señales radiadas, que pueden producir diferentes efectos en la fisiología básica y en sus desarrollos fisiopatológicos. Hasta ahora, la consideración más común en los procesos regulatorios para limitar la exposición de los seres vivos, están basados en parámetros donde la cantidad de energía que se transporta aparece como el factor fundamental, en forma de intensidad de radiación. Sin embargo, no se tienen en cuenta el resto de los parámetros definitorios de una señal propagada (Frecuencia, forma de onda, tiempo de exposición, o forma de exposición. Etc.). estos diferentes parámetros nos informan de diferentes respuestas en función de sus variaciones. En muchos casos más determinantes que la intensidad de radiación incidente. En nuestro estudio nos hemos propuesto realizar estas comprobaciones sobre un modelo experimental de una forma de tumor primario de origen murino, y diferentes estirpes celulares, CT2A, neuroblastoma y células mesenquimales. El glioblastoma multiforme es el tumor primario del sistema nervioso más frecuente en adultos y el de mayor grado de malignidad. Hasta la fecha, se han propuesto diversos factores exógenos y endógenos de riesgo que pueden influir en el origen y desarrollo del glioblastoma, entre los cuales se encuentra la exposición a campos electromagnéticos de radiaciones no ionizantes. Los campos electromagnéticos no ionizantes se caracterizan porque no tienen energía suficiente para producir ionización de la materia, pero si pueden producir otros efectos biológicos dependiendo de los parámetros de exposición. Por una parte, existen estudios cuyos resultados demuestran entre otras evidencias efectos genotóxicos y alteraciones en la proliferación y crecimiento celular, y por otra parte existen estudios donde no se han encontrado evidencias de tales efectos. Cabe la posibilidad que esto se deba a que muchos de los estudios realizados tan solo han considerado el tiempo como el parámetro inductor de la respuesta celular, sin considerar que la combinación del tiempo con la frecuencia y la intensidad puede ser una de las claves principales. Para su comprobación, decidimos realizar, un multi estudio in vitro compuesto por varios experimentos mediante los cuales evaluamos la viabilidad de la línea celular CT2A de glioblastoma tras ser expuesta de manera controlada a distintas combinaciones de tiempo, intensidad y frecuencias extremadamente bajas. Posteriormente, realizamos dos estudios comparativos distintos mediante los cuales evaluamos si otro tipo de células como las células madre mesenquimales y las células N2A de neuroblastoma respondían de la misma manera que las células CT2A a la exposición, y si las células CT2A eran sensibles a campos de otro tipo de frecuencias como las microondas. Comprobando la importancia de la frecuencia de exposición en la respuesta celular, y en particular, hemos observado que la frecuencia de 30 Hz es capaz de producir una significativa reducción de la viabilidad en los tres tipos de células ensayadas, mientras que las otras frecuencias no. Además hemos utilizado varios marcadores para estudiar si las respuestas de viabilidad encontradas, podrían ser coherentes con los supuestos de efectos microtérmicos, medidos a través de la proteína de efecto térmico HSP90, verificando que no se encuentra, respuesta de temperatura que pudiera justificar el efecto. Además, efectuamos una serie de compro-

baciones sobre la apertura de canales de calcio tipo T, que podrían establecer un posible mecanismo de acción, encontrando respuestas donde si aparecen implicados. Aunque aún falta por identificar los mecanismos subyacentes a este tipo de respuesta a nivel molecular.

1. Centro de Tecnología Biomédica (ctb) Universidad Politécnica de Madrid (upm) España  
ceferino.maestu@ctb.upm.es

### **3.1.32. Evaluación de la exposición poblacional a las radiaciones no ionizantes en microambientes en las ciudades de Lima, Cusco y Pucallpa en el Perú, utilizando dosímetro personal**

**V. Cruz, M. Quispe, B. Guevara**

Existe una gran preocupación acerca de los posibles efectos negativos en la salud de las personas debido a su exposición a la radiación no ionizante generada por los equipos de telecomunicaciones y sistemas de baja frecuencia. Debido a ello es que instituciones como el ICNIRP han establecido niveles límites de exposición, en términos del campo eléctrico y magnético y como medida precautoria. Asimismo se han establecido protocolos que deben ser ejecutados para que la intensidad de dichos campos pueda ser medida de manera adecuada. Dichos procedimientos, dependiendo de la naturaleza de la fuente de radiación, pueden demandar mucho tiempo de trabajo en campo y el uso de equipo muy costoso por lo que en la práctica no es posible realizar campañas masivas de evaluación de niveles de radiación no ionizante. No obstante que este tipo de estudios es necesario, especialmente en microambientes en los cuales haya una alta concentración de personas, de niños o en donde se encuentren personas con problemas de salud. Considerando esta necesidad, es que se han realizado estas mediciones con un dosímetro personal calibrado con el fin de obtener valores referenciales de nivel de radiación en diversos microambientes en tres ciudades del Perú representativas de las tres regiones naturales como son Lima (Costa), Cuzco (Sierra) y Pucallpa (Selva) . Se obtuvo la contribución individual al nivel de radiación de 20 servicios de telecomunicaciones en cada lugar evaluado. Los valores obtenidos son muy inferiores a los límites de exposición, siendo el máximo nivel de exposición de 24.5 %, que se corresponde con el nivel de campo eléctrico de 6.86V/m para el servicio de radiodifusión FM. Este tipo de estudios puede permitir rápidamente encontrar los lugares en los cuales se presentan niveles de radiación comparables con los límites de exposición con el fin de tomar medidas precautorias.

Keywords— Radiación no ionizante, dosímetro personal, microambiente, campo eléctrico, ICNIRP

## 3.2. Posters

### 3.2.1. Redes sociales - Visualizar videos carteles en Facebook



Visualizar videos en Facebook

### 3.2.2. Efecto de la estimulación magnética transcraneal excitatoria en los receptores CB1 y CB2 en ratas con traumatismo craneoencefálico

R.S. Valadez-Ibarra <sup>1</sup>, S. García-Ríos <sup>2</sup>, M. Martínez-Vargas <sup>3</sup>, L. Verdugo-Días <sup>4</sup>, L. Navarro-Angulo <sup>5</sup>

El Traumatismo Craneoencefálico (TCE) resulta un problema de salud a nivel mundial, actualmente no existe un tratamiento que sea totalmente efectivo, por lo que se continúa en la búsqueda de tratamientos potenciales. La Estimulación Magnética Transcraneal repetitiva (EMTr) se ha propuesto como un tratamiento neuroprotector potencial para el TCE. Así mismo, se sabe que el sistema de endocannabinoides juega un papel importante en la neuroprotección endógena posterior a un daño neuronal. Sin embargo, aún no hay estudios que comprueben si la EMTr afecta al sistema de endocannabinoides, posterior a un TCE. El objetivo del presente estudio fue, determinar el efecto de la EMTr excitatoria en la expresión de receptores a cannabinoides CB1 y CB2 en ratas con traumatismo craneoencefálico. Se utilizaron ratas macho Wistar, las cuales fueron sometidas a un modelo de TCE por caída de peso y posteriormente tratadas con EMTr de 10 Hz por 7 días (10 min / día). La expresión de los receptores en la corteza cerebral fue analizada mediante western blot y PCR. La conducta se analizó mediante la Escala de Severidad neuro conductual revisada (NSSr). En los resultados obtenidos con western blot, se observó un aumento estadísticamente significativo en la expresión del receptor CB1 en aquellos grupos que tuvieron TCE y TCE+EMTr y en la escala NSSr se observó una mejoría conductual en las ratas tratadas con EMTr. Por lo cual, se propone que la EMTr excitatoria puede ser un potencial tratamiento para el TCE, teniendo un efecto sobre el sistema *endocannabinoide*.

Agradecimientos al proyecto PAPIIT, DGAPA IN: 214017 to L.V-DIN 223417 to L.N-A



1. Facultad de Ciencias, UNAM, México. Pasante, sam.iba@ciencias.unam.mx

2. Facultad de Ciencias, UNAM, México. Pasante, santiagoboo99@hotmail.com

3. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM, México, marvar\_69@yahoo.com.mx
4. Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, UNAM, México. leticia@unam.mx
5. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM, México, Inavarrero@unam.mx

### 3.2.3. Efecto a largo plazo de los campos electromagnéticos en un modelo de Hemiparkinson en rata

Idalia Medina-Salazar<sup>1</sup>, Jacqueline Moreno-Fitz<sup>2</sup>, José de Jesús Morales-Sandoval<sup>3</sup>, David Elías-Viñas<sup>4</sup> y Leticia Verdugo-Díaz<sup>5</sup>

La neurodegeneración presente en la enfermedad de *Parkinson* (EP) afecta principalmente a las neuronas de la sustancia negra pars compacta (SNc) implicadas en la síntesis de dopamina, provocando alteraciones motoras y no motoras. Se han investigado diferentes tratamientos que ayuden a la mejora de los síntomas; entre ellos, la estimulación con Campos Electromagnéticos (CEM), la cual ha demostrado una mejoría clínica en la sintomatología. Sin embargo, su mecanismo terapéutico aún se desconoce. Objetivo: Investigar los efectos motores y no motores a largo plazo, al estimular un modelo animal de la enfermedad de *Parkinson* con CEM de 60 Hz. Se indujo un modelo de hemiparkinson en ratas Wistar con 6-hidroxi-dopamina. Se aplicó CEM de 60 Hz (2.4 mT) 2 h diariamente durante 6 meses. Mensualmente se realizaron evaluaciones de conducta: rotación inducida por apomorfina, nado forzado, campo abierto, laberinto elevado en cruz, giros sobre su eje y barra de equilibrio. Al finalizar los 6 meses de tratamiento, se realizó inmunohistoquímica contra tiroxina hidroxilasa para realizar un conteo de neuronas dopaminérgicas en la SNc. Los animales lesionados que recibieron CEM mostraron mejoría en parámetros como equilibrio, motricidad y ansiedad, así como en los parámetros relacionados con la depresión, medidos mediante la prueba de nado forzado, comparados con aquellos que no tuvieron estimulación con CEM. Sin cambios en el número de las neuronas dopaminérgicas. Los campos electromagnéticos ayudan a mejorar sintomatología motora y no motora, por lo que son una buena terapia coadyuvante al tratamiento farmacológico de EP.

Financiado con beca CONACyT: Proyecto IN220120



1. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, C.P. 04510, México. daly\_219@hotmail.com
2. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, C.P. 04510, México. morejac@outlook.com
3. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, C.P. 04510, México. jesusbosco@comunidad.unam.mx
4. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Bioelectrónica, CINVESTAV, IPN. Ciudad de México, C.P. 07360, México.
5. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, C.P. 04510, México. leticia@unam.mx

### 3.2.4. Estimulación magnética transcraneal repetitiva de 10 y 1 Hz sobre un modelo animal de depresión

Jimena Arroyo Pérez<sup>1</sup>, Paulina Elizabeth Huchim Servín<sup>2</sup>, Esteban Ruiz Hernández<sup>3</sup>, Leticia Verdugo Díaz<sup>4</sup>

Se estima que más de 300 millones de personas a nivel mundial sufren de depresión. En el caso de los pacientes con trastorno depresivo mayor, aproximadamente el 33% son resistentes al tratamiento farmacológico. Entre los tratamientos alternativos, se encuentra la Estimulación Magnética Transcraneal repetitiva (EMTr). Pese a que la EMTr de 10 Hz es utilizada oficialmente para tratar la Depresión Resistente al Tratamiento (DRT) se ha empezado a utilizar la frecuencia de 1 Hz. Los mecanismos y el efecto terapéutico por los que actúa la EMTr de 10 Hz y 1 Hz siguen sin esclarecerse por completo. En este estudio se propuso aplicar y evaluar la EMTr de 10 Hz y 1 Hz en un modelo animal de depresión en 48 ratas macho de la estirpe Wistar. Se implementó el modelo de Estrés Crónico Impredecible (CUMS) como modelo animal de depresión. Con el fin de evaluar y caracterizar los posibles efectos conductuales antidepresivos y ansiolíticos de cada frecuencia se realizó la prueba de Preferencia a Sacarosa, la Prueba de Nado Forzado, Laberinto en Cruz y Campo Abierto. Las pruebas fueron realizadas antes de la EMTr y después de 15 días de EMTr de 10 y 1 Hz para evaluar los efectos terapéuticos. La exposición a 10 Hz y no de 1 Hz disminuyó significativamente la inmovilidad en la prueba de nado forzado. No se observó ningún efecto ansiolítico. En conclusión, la EMTr de 10 Hz tiene un claro efecto antidepresivo a diferencia de la EMTr de 1 Hz en este modelo animal.

FINANCIADO POR DGAPA IN214017



1. Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. [jime.arr.p@comunidad.unam.mx](mailto:jime.arr.p@comunidad.unam.mx)
2. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. [pauhuchim99@facmed.unam.mx](mailto:pauhuchim99@facmed.unam.mx)
3. CINVESTAV, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México. [esruiz@cinvestav.mx](mailto:esruiz@cinvestav.mx)
4. Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, México. [leticia@unam.mx](mailto:leticia@unam.mx)

### 3.2.5. Receptores endocannabinoides en ratas con traumatismo craneoencefálico tratadas con estimulación magnética transcraneal de baja frecuencia

García-Ríos, S.<sup>1</sup>, Valadez-Ibarra, S.<sup>2</sup>, Martínez-Vargas, M.<sup>3</sup>, Navarro-Angulo, L.<sup>4</sup>, Verdugo-Díaz, L.<sup>5</sup>

El traumatismo craneoencefálico (TCE) es una de las causas de muerte y discapacidad más importantes a nivel mundial (Ghajar, 2000). Muchos de los actuales tratamientos ante un TCE son de baja eficacia; sin embargo, existe evidencia que aplicar Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) puede generar una mejora en esta enfermedad (Nardone et al., 2020; Pink et al., 2019). Por otro lado, la activación del sistema *endocannabinoide* (SE) en el sistema nervioso también genera mejoras en esta enfermedad (Estrada Rojo et al., 2012). En este trabajo evaluamos el efecto de la EMTr de 1 Hz en la corteza motora de ratas macho con TCE y observamos la expresión de receptores a *cannabinoides*. El daño producido por el TCE fue evaluado por medio de la escala de severidad neuroconductual (NSS) (Yarnell et al., 2016). Posterior al día del trauma, se estimuló a las ratas con EMTr de 1 Hz durante 7 días (10 min / día). Finalmente, se obtuvieron las cortezas cerebrales y se analizaron la expresión de receptores a endocannabinoides, por medio de Western Blot y RT-PCR. Encontramos que la EMTr de 1 Hz aumenta los niveles del receptor CB1 en la corteza de animales comparados contra sus controles. La EMTr de 1 Hz fue capaz de inducir un efecto protector en las ratas con TCE, observándose como una mejora significativa en esta escala NSS. Nuestra evidencia sugiere que la EMTr produce mejoras motoras en ratas con TCE y aumenta la expresión de CB1 en corteza cerebral. Agradecimientos a PAPIIT, DGAPA: IN214017 a L.V-D y IN223417 a L. N-A



1. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Ciudad de México. santiago\_gr@ciencias.unam.mx, Estudiante de Pregrado.
2. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Ciudad de México. sam.iba04@gmail.com, Estudiante de Pregrado.
3. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Ciudad de México. marvar\_69@yahoo.com.mx
4. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Ciudad de México. lnavarro@unam.mx
5. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Ciudad de México. leticia@unam.mx

### 3.2.6. Macrófagos con citoplasmas ricos en depósitos ferromagnéticos: implicaciones para la transducción magnética

Laura Andrea Flores Gasca<sup>1</sup>, Zan Cuiriz Ríos<sup>2</sup>, Juan Julio Morales Contreras<sup>3</sup>, Margarita Gómez Chavarín<sup>4</sup>, Gabriel Gutiérrez Ospina<sup>5</sup> y Alma Lilia Fuentes Farías<sup>6</sup>

Las referencias que utilizan las tortugas marinas durante sus migraciones se desconocen. Sin embargo, experimentos conductuales apoyan que estas perciben cambios de intensidad del campo magnético terrestre, mediante cristales de magnetita, que teóricamente le sirven para guiarse durante sus migraciones. Nuestro grupo de trabajo ha localizado artefactos por susceptibilidad magnética y depósitos férricos en las células coroideas de los ojos de crías de tortuga marina *Chelonia (C) agassizii*. Sin embargo, se desconoce la identidad dichas células y su participación en la magnetocepción. Por tanto, el objetivo de esta investigación es identificar el linaje de las células coroideas y determinar la respuesta de estas a estímulos de intensidad magnética de 40.2  $\mu$ T, en crías de *C. agassizii* de 3 meses ( $n = 12$ ), utilizando inmunohistoquímica contra el complejo mayor de histocompatibilidad II y la proteína c-Fos respectivamente. Los resultados mostraron que las células que contienen depósitos férricos son melano-macrófagos, sin embargo, no se pudo corroborar que estas células participen en la transducción magnética debido a que no se observó la activación típica para la proteína c-fos en estas células. En conclusión, pudimos identificar el linaje de células coroideas como macrófagos, pero su respuesta a estímulos magnéticos no pudo corroborarse. Esto último, puede deberse a que el pico máximo de expresión de c-Fos sea diferente en macrófagos que en neuronas, donde esta estandarizado. Se recomienda en futuros experimento aumentar el tiempo de espera para la transducción de la proteína o el uso de marcadores típicos de capacitación de macrófagos.



1. Facultad de Biología e Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales (INIRENA), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), México. Tesista de Licenciatura en Biología. andrea\_gzf@hotmail.com
2. Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Tesista del doctorado en ciencias biológicas, vulcanozan@iibiomedicas.unam.mx.
3. Instituto de Geofísica, UNAM, México, jmorales@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
4. Facultad de medicina, UNAM, México. margaritachavarin@gmail.com
5. IIB, UNAM, México. gabo@iibiomedicas.unam.mx
6. INIRENA, UMSNH, México. almafuentes70@hotmail.com

### 3.2.7. Expresión de c-Fos en tecto óptico de la tortuga *Chelonia agassizii* ante estímulos magnéticos

Suleyma León Martínez<sup>1</sup>, Zan Cuiriz Ríos<sup>2</sup>, Juan Julio Morales Contreras<sup>3</sup>, Margarita Gómez Chavarín<sup>4</sup>, Gabriel Gutiérrez Ospina<sup>5</sup>, Alma Lilia Fuentes Farías<sup>6</sup>

Estudios conductuales en las tortugas marinas han mostrado que el campo magnético terrestre (CMT) es una de las referencias más importantes en su navegación y migración. En particular, se ha observado que las crías de *Chelonia (C) agassizii* utilizan varios sentidos, entre los que se incluye el sentido magnético, en su migración del medio terrestre al medio acuático, lo que vuelve a la navegación un proceso multisensorial. No obstante, las estructuras cerebrales específicas que procesan la información magnética aún se desconocen, sin embargo, sería esperado que las estructuras cerebrales multisensoriales como lo es el Tecto óptico (TO), integren la información magnética. El presente trabajo pretende determinar la activación de neuronas del TO, en crías de 3 meses ( $n = 12$ ) de *C. agassizii*, en respuesta a estímulos de intensidad magnética de 40.2  $\mu\text{T}$ , mediante inmunohistoquímica para c-Fos. Los resultados preliminares mostraron la activación del TO en promedio de 69% (1366 / 15000  $\mu\text{m}$ ), ante los estímulos de intensidad magnética de 40.2  $\mu\text{T}$ , la activación es similar a la de esta área ante estímulos lumínicos de 70% (1445 / 15000  $\mu\text{m}$ ), superior a la activación basal de esta estructura 52% (898 / 15000  $\mu\text{m}$ ). En conclusión, el TO de *C. agassizii* integra no solo la información somática, auditiva y visual, como ya se conocía, sino que también parece integrar información magnética.



1. Facultad de Biología e Instituto de Investigaciones sobre recursos Naturales (INIRENA), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), México. Tesista de Licenciatura en Biología. ssulyxs19@gmail.com
2. Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB), Universidad Autónoma de México (UNAM), México. Tesista de doctorado en ciencias Biológicas, vulcanozan@iibiomedicas.unam.mx.
3. Instituto de Geofísica, UNAM. México jmorales@tonatiuh.igeofcu.unam.mx
4. Facultad de medicina, UNAM, México. margaritachavarin@gmail.com 5Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM, México. gabo@iibiomedicas.unam.mx
5. Instituto de investigaciones sobre los recursos naturales, UMSNH, México, almafuentes70@hotmail.com

### 3.2.8. Microestimulación magnética y su efecto en sujetos con diagnóstico de depresión mayor

Blanca Olivia Murillo Ortiz<sup>1</sup>, José Eduardo Huerta López<sup>2</sup>, José María De la Roca Chiapas<sup>2</sup>, Teodoro Córdova Fraga<sup>3</sup>, Angélica Hernández Rayas<sup>3</sup>.

En México, la depresión es una de las causas principales de muerte prematura, por tal motivo, la búsqueda de estrategias innovadoras en tratamientos complementarios no invasivos para problemáticas de salud pública como el trastorno depresivo mayor son de vital importancia en el desarrollo de las ciencias de la salud en México. El objetivo es conocer los efectos en la sintomatología depresiva de pacientes que acuden a tratamiento de microestimulación magnética mediante un estudio descriptivo, prospectivo de corte longitudinal. Participaron 21 pacientes con sintomatología depresiva, seleccionados a través de un muestreo no probabilístico de manera intencional. Se aplicó el inventario de depresión de Beck, al iniciar y finalizar la intervención. El tratamiento de microestimulación magnética para reducir síntomas de depresión, tuvo una duración de 20 min por sesión, durante 20 días. La media de edad fue de 42.4 años, el 81 % género femenino. El promedio del puntaje basal del Inventario de Depresión de Beck fue de 30.2 y después de las sesiones con el dispositivo de microestimulación magnética el promedio del puntaje evaluado fue de 12.1, existiendo una diferencia de 18.1 puntos en dicho inventario ( $p < 0.05$ ). Los pacientes que acudieron a tratamiento con microestimulación magnética disminuyeron la sintomatología depresiva severa, observándose que la intervención con el dispositivo de microestimulación magnética es benéfica para el mejoramiento del estado anímico de los pacientes y reducción de sintomatología depresiva.



1. Unidad de investigación en epidemiología clínica, UMAE No. 1 Bajío Instituto Mexicano del Seguro Social. México. bomo907@hotmail.com
2. División de Ciencias de la Salud. Departamento de Psicología. Universidad de Guanajuato Campus León, México.
3. Departamento de Física Médica e Ingeniería Biomédica. Universidad de Guanajuato Campus León, México.

### 3.2.9. La respuesta de la vertiente dorsal ventricular de *Chelonia agassizii* ante estímulos magnéticos relevantes

José Antonio Gaona Romero<sup>1</sup>, Zan Cuiriz Ríos<sup>2</sup>, Juan Julio Morales Contreras<sup>3</sup>, Margarita Gómez Chavarín<sup>4</sup> Gabriel Gutierrez Ospina<sup>5</sup> Alma Lilia Fuentes Farías<sup>6</sup>

En la orientación espacial en humanos clásicamente se han involucrado los sistemas visual, vestibular y propioceptivo, sin embargo, estudios recientes apoyan que estos perciben y usan el campo magnético terrestre (CMT) para orientarse en su desplazamiento. Sin embargo, las áreas cerebrales involucradas en la magnetocepción en humanos son desconocidas. Además, las metodologías actuales para estudiar dicha capacidad son invasivas o extremadamente caras. La psicología comparada nos permitirá ampliar las bases conceptuales y metodológicas necesarias para entender la participación de la percepción magnética en la orientación espacial. Para esto, usaremos como modelo biológico a la tortuga marina *Chelonia(C) agassizii*, en la que se ha planteado que estructuras cerebrales multisensoriales, como la vertiente dorsal ventricular anterior (ADVR), están involucradas en la percepción del CMT. Nuestro objetivo fue determinar la activación de la ADVR en crías de 3 meses de *C. agassizii* (n = 12) ante estímulos de intensidad magnética de 40.2  $\mu$ T, mediante inmunohistoquímica para c-Fos. Los resultados preliminares mostraron que las subestructuras de la ADVR encargadas de procesar la información visual y auditiva se activan en respuesta a estímulos de intensidad magnética, en promedio 20 % y 18 % respectivamente, valores inferiores de activación del área visual a estímulos lumínicos (40 %) 3.3 y 5 veces más con respecto al valor basal (12 % y 8 % respectivamente). Al parecer, las área visual y auditiva del ADVR, podrían también procesar la información magnética en *C. agassizii*. por lo que no sorprendería que el área homóloga a esta estructura en humanos también se active en respuesta estímulos magnéticos.



1. Facultad de Psicología e Instituto de Investigaciones sobre recursos Naturales (INIRENA), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), México. Tesista de Licenciatura en Psicología. [jagr3012@gmail.com](mailto:jagr3012@gmail.com)
2. Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. Tesista del doctorado en ciencias biológicas, [vulcanozan@iibiomedicas.unam.mx](mailto:vulcanozan@iibiomedicas.unam.mx).
3. Instituto de Geofísica, UNAM, México, [jmorales@tonatiuh.igeofcu.unam.mx](mailto:jmorales@tonatiuh.igeofcu.unam.mx)
4. Facultad de medicina, UNAM, México. [margaritachavarin@gmail.com](mailto:margaritachavarin@gmail.com)
5. IIB, UNAM, México. [gabo@iibiomedicas.unam.mx](mailto:gabo@iibiomedicas.unam.mx)
6. INIRENA, UMSNH, México. [almafuentes70@hotmail.com](mailto:almafuentes70@hotmail.com)

### 3.2.10. Efecto de campos magnéticos intermitentes y de frecuencia extremadamente bajas sobre linfocitos de sangre de cordón umbilical

L. Zastko<sup>1</sup>, L. Makinistian<sup>2</sup>, A. Tvarožná<sup>3</sup>, J. Jakuš<sup>4</sup>, I. Belyaev<sup>5</sup>

Habiendo mostrado recientemente que campos magnéticos (CM) de frecuencias extremadamente bajas (FEB) con una cierta forma de onda e intermitencia inhibían la proliferación de una línea celular cancerosa, nos preguntamos si dichos CM-FEB tendrían algún efecto sobre células sanguíneas normales. A fin de explorar dicha posibilidad expusimos linfocitos de sangre de cordón umbilical (LSCU) a CM con la misma forma de onda (triangular simétrica, 7.8 Hz) y misma intermitencia (250 s ON / 250 s OFF) durante 48 h y 72 h, evaluando 6 amplitudes de campo diferentes (entre 6 T y 24 T) simultáneamente en cada experimento; para lo cual utilizamos una bobina oblonga y placas de 96 pocillos. Cuantificamos porcentajes de células viables, apoptóticas tempranas (AT) y apoptóticas tardías/necróticas (ATN), producción de especies de oxígeno reactivo (EOR) y roturas dobles de hebras (RDH) de ADN (DNA *double strand breaks*) indicadas por formación de *foci* 53BP1 y H2AX y su co-localización. No se observaron efectos sobre la producción de EOR ni RDH de ADN para ninguna de las dos duraciones de exposición. Sin embargo, sí se observó una disminución estadísticamente significativa (hasta del 42 %) de la viabilidad celular para CM de amplitud menor a 17 T después de 72 h de exposición. Es llamativo que el efecto apareciera para intensidades de campo por debajo de un cierto umbral, sugiriendo fuertemente la existencia de una “ventana de amplitud” y la necesidad de evaluar diferentes intensidades para una misma forma de onda.



1. Department of Radiobiology, Cancer Research Institute, Biomedical Research Center, University Science Park for Biomedicine, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia; and Department of Medical Biophysics, Jessenius Faculty of Medicine in Martin, Comenius University in Bratislava, Martin, Slovakia, lucian.zastko@savba.sk
2. Departamento de Física, Instituto de Física Aplicada (INFAP), Universidad Nacional de San Luis y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina, lmakinistian@unsl.edu.ar
3. Department of Radiobiology, Cancer Research Institute, Biomedical Research Center, University Science Park for Biomedicine, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia, andrea.moravcikova@savba.sk
4. Department of Medical Biophysics, Jessenius Faculty of Medicine in Martin, Comenius University in Bratislava, Martin, Slovakia, jan.jakus@uniba.sk
5. Department of Radiobiology, Cancer Research Institute, Biomedical Research Center, University Science Park for Biomedicine, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia, Igor.Beliaev@savba.sk

### 3.2.11. Dispositivo de calefacción nano para inducción magnética con inversor autoresonador

Luis Emmanuel Plascencia-Cruz<sup>1</sup>, Angélica Hernández-Rayas<sup>2</sup>, Carlos Villaseñor-Mora<sup>2</sup>, Javier Torres-Osorio<sup>3</sup>, and Teodoro Cordova<sup>2</sup>.

El tratamiento con hipertermia por inducción magnética es un procedimiento complementario, que permite aumentar la efectividad de tratamientos para la eliminación de células cancerosas con base en medicamentos al elevar la temperatura de los cúmulos de células por encima de 42 °C. Objetivo. En este documento se presenta el diseño y construcción de un dispositivo usado para el calentamiento de tejido biológico por inducción magnética, con módulos seleccionables de diferentes a frecuencias entre 85 kHz y 900 kHz. Se utilizó la configuración de circuito resonante en paralelo con inversor acoplado a una fuente de alimentación como auto resonador y la frecuencia de oscilación depende del banco de condensadores para generar una señal de forma sinusoidal con fase en la señal oscilante en el circuito tanque LC. Dada esta configuración se pudo implementar un dispositivo para nano-calentamiento por inducción magnética. En este documento se presenta el diseño y construcción de este equipo que es usado para transferir calor por inducción magnética a un tejido biológico. Opera con módulos conmutables que funciona a diferentes frecuencias entre 85 kHz y 900 kHz lo que lo hace completamente autónomo y portátil. Bajo condiciones ambientales normales, opera entre 0.44 mT y 5.11 mT y en ocho frecuencias diferentes. El uso de un inversor auto resonador permite operar sin requerir de un generador de señales externo para la sintonización de las diferentes frecuencias, esto aunado a la incorporación de un sistema de refrigeración embebido en el dispositivo hacen que no se requiera de dispositivos complementarios externos. Por último, se resalta que el intervalo de frecuencias presentado es superior a los reportadas por distintos autores que es  $\pm 500$  kHz.

**Palabras Clave:** Hipertermia, Terapia Oncológica, Circuito Resonador, Inducción Magnética.

1. IUT Université de Versailles en Saint Quentin, 10-12 Avenue de l'Europe, 78140, Vélizy Villacoublay
2. Departamento de Ingeniería Física – DCI, Universidad de Guanajuato campus León Loma del Bosque N.103, Lomas del Campestre, 37150 León, GTO, México
3. Grupo de Investigación en Campos Electromagnéticos Medioambiente y Salud Pública. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.

### 3.2.12. Primeras etapas de desarrollo de un sintetizador de señales de bajo costo con fines magnetobiológicos

Luis Emanuel Días<sup>1</sup>, Leonardo Makinistian<sup>2</sup>

Recientemente, al conjunto de señales tradicionalmente exploradas en magnetobiología (senoidales, triangulares, cuadradas, etc.) se sumó una nueva clase: las denominadas señales “moduladas en frecuencia con bloqueo de fase” (señales “PLFM”, por sus siglas en inglés). Estas señales fueron derivadas teóricamente pero aún no se han puesto a prueba en el laboratorio. Interesados en realizar experimentos de exposición a campos magnéticos (CM) modulados según señales PLFM, abordamos la tarea de desarrollar un dispositivo que genere dichas señales. Para ello decidimos utilizar una placa microcontrolada (Atmega2560) de *open hardware* combinada con un conversor digital-analógico (DAC MCP4725); y para reducir costos y aumentar sensiblemente la versatilidad del sistema decidimos que fuera controlable desde un celular o tablet por medio de un módulo *bluetooth* (HC-06), a través de una aplicación (“*app*”) desarrollada *ad hoc* utilizando la suite gratuita MIT App Inventor. Para aportarle versatilidad, el sistema también permite sintetizar señales convencionales, y configurar exposiciones complicadas incluyendo intermitencias, ciclajes y/o combinaciones de distintos tipos de señales. En este trabajo presentamos el diseño en bloques del sistema, la arquitectura de la *app* y las primeras pruebas de sintetización con el DAC. A futuro, resta refinar el diseño integral de la *app*, desarrollar un módulo de potencia para adaptar el nivel de corriente a los requeridos por nuestros sistemas de bobinas para generar los CM deseados y, finalmente, realizar los primeros experimentos de exposición de levaduras a señales PLFM.



1. Universidad Nacional de San Luis, Argentina, luisemanueldias@hotmail.com, 8vo semestre de Licenciatura en Física
2. Departamento de Física, Instituto de Física Aplicada (INFAP), Universidad Nacional de San Luis y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina, lmakinistian@unsl.edu.ar

### **3.2.13. Variación en la actividad locomotora de ratas expuestas a campos electromagnéticos de extrema baja frecuencia**

**Katya Fernanda Roldan Rizo<sup>1</sup>, Leticia Verdugo-Díaz<sup>2</sup>**

El desarrollo tecnológico ha llevado al incremento de las fuentes de campos electromagnéticos (CEM) artificiales, que pueden afectar la conducta de los organismos. El registro de la actividad locomotora (AL) se convierte en una forma de medir el efecto que determinados estímulos provocan en el sistema cronobiológico, ya que puede sincronizarse con estímulos externos. Para este estudio, se registró la AL de tres grupos de ratas macho de la cepa Wistar que fueron mantenidos en condiciones de oscuridad constante. Grupo 1: control, animales sin ninguna manipulación; Grupo 2: control con falsa exposición y Grupo 3 ratas expuestas a un CEM de 60 Hz (2.4 mT) durante 5 días (1 h / d), el CEM fue generado por un par de bobinas en configuración Helmholtz (con un diámetro interior de 30 cm) colocadas por encima y debajo de las cajas donde residen los animales, permitiendo que continuaran en libre movimiento. Los resultados obtenidos mostraron que el CEM utilizado alteró la AL de los animales aumentándola antes, durante y después de la exposición. Con estos resultados concluimos que la estimulación induce un aumento en la actividad locomotora de ratas adultas, así como un cambio en la duración del período circadiano. Sin embargo, el cambio del periodo es inmediato y transitorio. Es necesario seguir investigando si se inducen efectos similares en otras fases del ritmo circadiano, además de analizar que vías podrían verse afectadas y que desencadenarían esta respuesta conductual.

Trabajo financiado por PAPIIT, UNAM: IN211417



### 3.2.14. Análisis de la conducta motora en ratas sometidas a traumatismo craneoencefálico y expuestas a estimulación magnética transcraneal

Montiel Jiménez Ana Karina<sup>1</sup>, Hernández Luna María Guadalupe<sup>2</sup>,  
Verdugo-Díaz Leticia<sup>3</sup>, Navarro Luz<sup>4</sup>, Estrada Rojo Francisco<sup>5</sup>

Un traumatismo craneoencefálico (TCE) es un problema de salud importante dado que las consecuencias que genera tienen relevancia tanto clínica como económica. Por otra parte, la estimulación magnética transcraneal (EMT) ha sido usada como una opción terapéutica y podría ayudar a generar un efecto neuroprotector ante un TCE, lo que se vería reflejado en la recuperación de la conducta motora. Este trabajo analiza la recuperación en la conducta motora en ratas sometidas TCE y expuestas a EMT.

Se usaron ratas macho cepa Wistar de entre 250 y 300 g. Se formaron cuatro grupos (n=12 por grupo): Control, TCE (40 PSI, en corteza motora M), TCE+EMT (1Hz, 15 min / día) y TCE+EMT SHAM (15 min / día). Durante los siguientes 7 días posteriores al TCE, se midió la conducta motora mediante una escala neuroconductual de 20 puntos y la prueba de barra de equilibrio. También se midieron parámetros metabólicos como, ganancia de peso e ingesta de agua y comida.

Nuestros resultados muestran que el grupo TCE+EMT, califica mejor en las pruebas conductuales y en las variables metabólicas en comparación al grupo de solo TCE, por lo tanto, la EMT podría usarse como terapia coadyuvante en la recuperación de un TCE.



1. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. México. [krloolly@gmail.com](mailto:krloolly@gmail.com)
2. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. México. [magoloops@gmail.com](mailto:magoloops@gmail.com). 1er semestre maestría Programa de Posgrado en Ciencias Biológicas UNAM
3. Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Departamento Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. México [leticia@unam.mx](mailto:leticia@unam.mx)
4. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM México. [lnavarro@unam.mx](mailto:lnavarro@unam.mx)
5. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. México [fesro@hotmail.com](mailto:fesro@hotmail.com).

### 3.2.15. Efecto de estimulación magnética transcraneal en el receptor GABA<sub>a</sub> en cerebro de rata con traumatismo craneoencefálico

Hernández Luna María Guadalupe<sup>1</sup>, Montiel Jiménez Ana Karina<sup>2</sup>, Estrada Rojo Francisco<sup>3</sup>, Verdugo-Díaz Leticia<sup>4</sup>, Navarro Luz<sup>5</sup>

Un traumatismo craneoencefálico (TCE), se define como una alteración en la función cerebral producida por una fuerza externa, las consecuencias que genera tienen relevancia tanto clínica como económica. La estimulación con campos magnéticos en el cerebro ha sido usada como una opción terapéutica. En particular, la estimulación magnética transcraneal (EMT), una técnica no invasiva y con escasas reacciones secundarias podría tener efecto en la expresión de receptores como el GABA<sub>A</sub>, los que al activarse se opondrían al efecto excitotóxico, provocado por los receptores NMDA. En este trabajo analizamos la modificación en la expresión de los receptores GABA<sub>A</sub> en un modelo murino de TCE, por la exposición a EMT.

Se utilizaron ratas macho de la cepa Wistar con un peso entre 250 y 300 g. Se formaron cuatro grupos (n = 12 por grupo): Control, TCE (40 PSI, en corteza motora M), TCE+EMT (1 Hz, 15 min / día) y TCE+EMT SHAM (15 min / día). Ocho días posteriores al TCE, se extrajo el cerebro y se incluyó en parafina. Se realizaron cortes histológicos (12 micras) y se realizó una inmunohistoquímica para GABA<sub>A</sub>, en donde se midió la intensidad de marca en la zona de daño y en el hipocampo. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente. Nuestros resultados muestran que la expresión del receptor GABA<sub>A</sub> aumenta en el grupo TCE+EMT, con respecto al grupo control y al de solo TCE, en las zonas analizadas, lo que estaría coadyuvando a establecer procesos de neuroprotección ante un TCE



1. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. México. magoloops@gmail.com. 1er semestre maestría Programa de Posgrado en Ciencias Biológicas UNAM
2. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. México. krlolly@gmail.com
3. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. México. fesro@hotmail.com
4. Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Departamento Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. México. leticia@unam.mx
5. Laboratorio de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM México. lnavarro@unam.mx

### 3.2.16. Señales magnéticas y eléctricas del sigmoide de cerdos con: isquemia inducida *vs.* línea base

Delia Irazú HERNANDEZ FARIAS<sup>1</sup>, Alan L BRADSHAW<sup>2</sup>, Teodoro CORDOVA<sup>1</sup>

Los registros fueron obtenidos del sigmoide de dos cerdos. Los primeros registros fueron realizados en el cerdo bajo condiciones normales; después, una segunda sección de registros del doble de tiempo fue adquirido cuando la isquemia fue inducida. Las mediciones se realizaron con un magnetómetro SQUID y con electrodos en la región del intestino grueso donde se indujo la isquemia. Se analizó el comportamiento de seis canales del magnetómetro. Para cada medición de los cerdos, se seleccionaron segmentos de los registros de señales no afectadas por ruido externos evidentes. El propósito principal fue analizar los cambios en las señales a través del paso de tiempo. Dichos segmentos fueron seleccionados manualmente con el objetivo de eliminar aquellos registros afectados por condiciones externas durante el proceso de experimentación. Diferentes técnicas fueron aplicadas para analizar los segmentos de las señales. Se encontraron diferencias en términos de correlación entre las señales ante el paso del tiempo considerando los registros por segmentos en ambos tipos de señal: isquemia inducida y línea base.



1. División de Ciencias e Ingenierías, Universidad de Guanajuato campus León, Loma del Bosque No. 3, Lomas del Campestre, 37150 León, GTO, México.
2. Vanderbilt University Medical Center, 1211 Medical Center Nashville, TN 37212, Estados Unidos

### 3.2.17. Estudio de contaminación por radiación no ionizante en dos localidades de Xochimilco, Ciudad de México

Fernando Antonio ALVAREZ-ORTIZ<sup>1</sup>, Juan AZORIN-NIETO<sup>2</sup>, Alfonso ESQUIVEL-HERRERA<sup>3</sup>

El presente estudio tuvo como objetivo medir la contaminación electromagnética de radiofrecuencias (RF) y de campos magnéticos (CM) durante un año (mayo 2017 - abril 2018), midiendo la intensidad de las RF y de los CM cerca de las escuelas, hospitales, negocios y casas habitación en dos localidades (una comercial y la otra habitacional) de Xochimilco, CDMX. Para la medición de RF y CM se utilizó un medidor EXTECH® EMF450. Los valores obtenidos de radiación no ionizante (RNI) fueron comparados con los niveles en los cuales se han reportado afectaciones a los sistemas biológicos tanto de humanos como animales; y se compararon con los límites establecidos por la normatividad nacional e internacional. Los valores promedio más altos de CM y de RF en la zona comercial fueron de 6.38  $\mu\text{T}$  y 1316  $\mu\text{W} / \text{m}^2$  respectivamente, mientras que en la zona habitacional fueron de 5.08  $\mu\text{T}$  y 66  $\mu\text{W} / \text{m}^2$ . Por otro lado, los valores promedio en el interior de las casas habitacionales fueron de 0.13  $\mu\text{T}$  y 226.04 66  $\mu\text{W} / \text{m}^2$ . Algunos de los valores registrados durante las mediciones se encuentran por debajo de los límites permisibles por la normatividad nacional e internacional, no obstante, se encuentran por encima del umbral reportado por algunos autores para desencadenar afecciones a la salud, desde mareos hasta leucemia infantil, por lo que se recomienda la aplicación de una norma legal en México que considere a la población general.

Palabras clave: campo magnético, efectos biológicos, electrosmog, radiofrecuencia



1. Departamento el Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C. P. 04960, CDMX. México. faao322@gmail.com. Maestría en Ecología Aplicada
2. Departamento de Física, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, 09340, CDMX, México. azorin@xanum.uam.mx.
3. Departamento el Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C. P. 04960, CDMX. México. aesquiv@correo.xoc.uam.mx.

### 3.2.18. Efecto de los campos electromagnéticos en la germinación y desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Juvel Tadeo Marín Guerrero<sup>1</sup>, José Antonio Heredia Rojas<sup>2</sup>, Abraham Octavio Rodríguez de la Fuente<sup>3</sup>, Omar Heredia Rodríguez<sup>4</sup>, Pedro Antonio Noguera Díaz-López<sup>5</sup>, Eulogio de la Cruz Torres<sup>6</sup>, Ricardo Alberto Gómez Flores<sup>7</sup>.

Los Campos Electromagnéticos (CEM), son cada vez más frecuentes en nuestro medio debido a los avances tecnológicos. El estudio sobre los efectos de los CEM se ha incrementado debido a que una creciente cantidad de reportes científicos que sugieren que son capaces de alterar diversos procesos fisiológicos. En el presente estudio, se evaluó el efecto de los CEM de 60 Hz aplicados en semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L., variedad Pinto Americano), sobre la germinación y desarrollo de estructuras vegetales en las plántulas resultantes. Las semillas fueron expuestas por 24 h a densidades de flujo magnético de 1.0 mT, 2.0 mT y un tratamiento combinado de ambas dosis. Luego de la exposición a los CEM, las semillas se sembraron en suelo orgánico, y se mantuvieron en cámara bioclimática durante 10 días a  $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  con riego cada 48 h. Las variables a medir fueron: Porcentaje de germinación, longitud de la raíz, hipocótilo y epicótilo, longitud y grosor del tallo y la longitud y anchura de las hojas. Se observó un incremento en el porcentaje de semillas germinadas expuestas al CEM comparadas con el grupo testigo. Asimismo, se encontró un aumento en la longitud de la raíz e hipocótilo para el grupo tratamiento combinado. Estos hallazgos sugieren, que los CEM de 60 Hz a las densidades de flujo magnético aquí usadas, poseen el potencial de provocar cambios en el porcentaje de germinación y desarrollo de estructuras vegetales del frijol.



1. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, juvelmarin97@outlook.com
2. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, jose.herediardj@uanl.edu.mx
3. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, abraham.rodriguez@uanl.edu.mx
4. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, omar.herediard@uanl.edu.mx
5. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, pedro.lopezngdz@uanl.edu.mx
6. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), México, eulogio.delacruz@inin.gob.mx
7. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, México, ricardo.gomezfl@uanl.edu.mx

### 3.2.19. Control de microorganismos fitopatógenos mediante compuestos bioactivos extraídos con nanopartículas magnéticas de ferritas de zinc

Ariel García-Cruz<sup>1</sup>, Gabriel Rincón-Enríquez<sup>2</sup>, Anna Ilyina<sup>3</sup>, Evangelina Esmeralda Quiñones-Aguilar<sup>2</sup>, Lourdes Díaz-Jiménez<sup>4</sup>, Arturo I. Mtz-Enríquez<sup>4</sup>, Rodolfo González<sup>3</sup>

El uso indiscriminado de plaguicidas químicos ha provocado que se vea afectado el medio ambiente y que las plagas agrícolas creen resistencia a éstos. Sin embargo, los productos naturales se abren paso en la formulación de plaguicidas. El uso de un residuo del proceso de refinamiento de los aceites esenciales de cítricos (la cera de naranja), como plaguicida natural, hace que el control de estos fitopatógenos y plagas sea eficiente y amigable ambientalmente. La investigación se enfocó en el control de *Xanthomonas vesicatoria*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* y larvas de *Spodoptera frugiperda*, mediante el uso de extractos preparados a partir de la cera de naranja y nanopartículas magnéticas de zinc. Se prepararon suspensiones de ferritas de zinc en glicerol (50 %) y extractos de la cera de cítricos (1 g) en DMSO al 100 % (10 mL). Por otra parte, las nanopartículas (ferritas de zinc) se prepararon mediante el método de reacción en estado sólido y calcinación a 500°C, por 3 h. Los compuestos bioactivos de la cera fueron extraídos mediante las ferritas de zinc empleando un imán; estos compuestos mostraron control sobre *X. vesicatoria*. Las concentraciones de todos los compuestos bioactivos inhibieron el crecimiento radial de *C. gloeosporioides*, mientras que solamente concentraciones de 50 y 100 mg / mL inhibieron el crecimiento de *F. oxysporum*. Por otra parte, el tratamiento con 50 mg / mL controló mejor las larvas de *S. frugiperda* del primer-instar que las del tercer instar. La investigación sienta las bases para futuras investigaciones, así como la elaboración de un plaguicida eficiente, barato y amigable con el medio ambiente.



1. Universidad Autónoma de Durango, campus Saltillo. Blvd. Fundadores, Misión Cerritos, 25016, Saltillo, Coah., México ariel.garcia174@gmail.com.
2. Laboratorio de fitopatología, Biotecnológica Vegetal del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ), Zapopan 45019, México. grincon@ciatej.mx equinones@ciatej.mx.
3. Grupo de Nanobiociencia, Escuela de Química, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo 25280, Saltillo, Coah., México anna\_ilyina@hotmail.com; rodolfo.ramos@uadec.uadec.edu.mx.
4. CINVESTAV, Instituto Politécnico Nacional, Ramos Arizpe 25900, México lourdes.diaz@cinvestav.edu.mx; mtz.art@gmail.com.

### 3.2.20. Análisis proteómico de células de neuroblastoma expuestas a vórtices de campos electromagnéticos de baja frecuencia (ELF-VMF)

Aparicio-Bautista Diana Ivette<sup>1</sup>, Ambriz-Álvarez Giovanni<sup>2</sup>, Chávez-Valenzuela Daniel<sup>2</sup>, Córdova-Fraga Teodoro<sup>2</sup>, Reyes-Grajeda Juan Pablo<sup>3</sup>, Medina-Contreras Oscar<sup>4</sup>, Rodríguez-Cruz Fanny<sup>5</sup>, García-Sierra Francisco<sup>5</sup>, Basurto-Islas Gustavo<sup>2</sup>.

La relación entre la exposición a campos electromagnéticos de baja frecuencia y el riesgo de desarrollar diferentes enfermedades ha sido evaluado en estudios in vitro, in vivo y epidemiológicos. La mayoría de los estudios han sido desarrollados sobre campos electromagnéticos paralelos o sinusoidales, sin embargo, no hay reportes donde se evalúe el efecto de los vórtices de campos electromagnéticos (ELF-VMF) sobre el proteoma en modelos biológicos. El objetivo del presente estudio es analizar a través de la técnica de geles bidimensionales 2D-DIGE los cambios en los niveles de expresión proteica de células de neuroblastoma SH-SY5Y estimuladas durante 3 h con ELF-VMF, con una intensidad de 2 mT y frecuencia de 60 Hz, comparado con células no estimuladas. De este análisis, se lograron identificar 10 proteínas diferenciales por espectrometría de masas Maldi/TOF-TOF, estas proteínas se encuentran involucradas en diferentes vías incluyendo apoptosis (prohibitina), plegamiento de proteínas (PDI3) y estructura de citoesqueleto (tubulina alfa y beta). De acuerdo con el análisis de interacción proteína-proteína, existe una interacción significativa entre ellas. Por otra parte, en el grupo de células estimuladas se observó la presencia de células apoptóticas asociado una disminución significativa en la viabilidad celular sin afectar los niveles proliferación celular. Además, nuestros datos sugieren que los campos electromagnéticos probablemente pueden promover la reestructuración del citoesqueleto, sin embargo, se necesitan más estudios para validar nuestra hipótesis. Esta es la primera evidencia que demuestra el efecto de los vórtices de campos electromagnéticos sobre el proteoma de células de neuroblastoma.



1. Unidad de Proteómica, Instituto Nacional de Medicina Genómica, Ciudad de México, México.
2. División de Ciencias e Ingenierías. Universidad de Guanajuato, Campus León, León, Guanajuato, México.
3. Laboratorio de Estructura de Proteínas, Instituto Nacional de Medicina Genómica, Ciudad de México, México.
4. Laboratorio de Investigación en Inmunología y Proteómica, Hospital Infantil de México Federico Gómez, Ciudad de México, México.
5. Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) Unidad Zacatenco.

### 3.2.21. Partículas magnéticas para terapia oncológica usando COM-SOL

Rosario Lissiet Romero Coripuna<sup>1</sup>, Teodoro Córdova Fraga<sup>1</sup> y José Vega Ramírez<sup>2</sup>

En los últimos años la hipertermia magnética ha sido una técnica alternativa que puede complementar la terapia oncológica, reduciendo así el daño colateral en los pacientes. El uso de partículas estimulados por campos magnéticos permite llevar a cabo el proceso de hipertermia en tejidos biológicos siendo capaces de alcanzar un rango de temperaturas de 42 °C a 45 °C, temperaturas que permiten estimular la muerte celular programada de tejidos transformados, evitando así la necrosis. El uso de las simulaciones computacionales nos permite llevar a cabo experimentos virtuales para analizar la eficiencia del uso de partículas superparamagnéticas, así como para evaluar distribuciones óptimas que abarquen únicamente áreas del tejido transformado. El modelado se realiza usando Comsol multifísica y los resultados predominantes sugieren que el gradiente de temperatura cae drásticamente a medida que disminuye el número de partículas, por lo que se buscan cantidades óptimas de temperatura y partículas para abordar el volumen de tejido transformado de interés.

Palabras clave: partículas magnéticas, cáncer, temperatura, Comsol.



1. Departamento de Ingeniería Física-DCI, Universidad de Guanajuato campus León Loma del Bosque N. 103, Lomas del Campestre, 37150 León, GTO, México.
2. Escuela profesional de Física, Facultad de Ciencias Naturales y Formales, Universidad Nacional de San Agustín, Calle Santa Catalina 117; Arequipa, Perú.

Email: PhD. Rosario Lissiet Romero Coripuna-rosariolrc@gmail.com, Dr. Teodoro Córdova Fraga-theo@fisica.ugto.mx y Dr. José Vega Ramírez-jvegar21@gmail.com

### **3.2.22. Aplicación de hipertermia magnética para el tratamiento de tumores inducidos en modelos murinos**

Se presenta el desarrollo de un ferrofluido de óxido de hierro, el cual ha sido caracterizado por técnicas físico-químicas para estudiar sus propiedades, estructurales, de estabilidad coloidal y de respuesta magnética a los campos magnéticos estáticos y dinámicos. Asimismo, la citotoxicidad de dicho ferrofluido fue analizada en experimentos de biología celular usando la línea celular HT-29 antes y después de ser sometido a la presencia de campos magnéticos de 530 kHz y hasta 35 mT de amplitud. Finalmente, se realizó el tratamiento de hipertermia magnética en tres conjuntos de modelos murinos a los cuales se les indujeron tumores sólidos, para cuantificar los efectos terapéuticos. Los resultados obtenidos muestran una elevada capacidad de absorción/disipación de radiofrecuencia del ferrofluido, una citotoxicidad despreciable incluso usando concentraciones mayores a 3 mg / ml de nanopartículas dispersas y efectos notables para frenar el crecimiento exponencial de los tumores e incluso una disminución significativamente evidente de los tumores.

### 3.2.23. Efecto de los campos magnéticos estáticos, en marcadores de estrés oxidativo, en órganos de animal en restricción

Francisco Estrada Bernal<sup>1</sup>, Sylvia Leticia Verdugo-Diaz<sup>2</sup>, Luz Navarro<sup>3</sup> y Francisco Estrada Rojo<sup>4</sup>.

El estrés crónico por restricción, induce estrés oxidativo, esto afecta a varios órganos, como cerebro, hígado, riñones, estómago y corazón. Varias investigaciones revelan que la estimulación magnética podría modular la respuesta al estrés oxidativo y servir como terapia complementaria efectiva en diferentes patologías. En este estudio mostramos los efectos de los campos magnéticos estáticos (CME) en un modelo animal sometido a estrés por restricción de movimiento (ER), enfocándose en diferentes marcadores de estrés oxidativo (EO). Se usaron 56 individuos divididos en 7 grupos (n = 8): control (grupo 1), ER (grupos 2, 3 y 4 expuestos durante los intervalos 30, 60 y 240 min respectivamente) y ER+CME (grupos 5, 6 y 7 expuestos durante los intervalos 30, 60 y 240 min respectivamente a un campo de 0.8 mT). Estas condiciones fueron por 5 días, posteriormente se obtuvieron cerebro, hígado, plasma y riñones, se midió óxido nítrico (NO), malondialdehído (MDA) y productos avanzados de oxidación de proteínas (AOPP), superóxido dismutasa (SOD), glutatión (GSH) y glicación de proteínas (AGES). Nuestros resultados muestran efectos de los CEM dependientes del tiempo. Sobre todo, en riñón, hígado y plasma (mayor efecto a 60 min.) donde hay disminución, no así en cerebro que tiene cambios poco significativos. Los CEM interactúan con iones, radicales en proteínas y materiales magnéticos en tejidos; esto modificaría la producción de especies reactivas, por lo tanto, el EO. Los CME podrían, ofrecer una terapia complementaria en varias patologías y una nueva perspectiva en los estudios de salud, particularmente, en el contexto del estrés oxidativo.



1. Lab. de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. Facultad de Ciencias UNAM. beatlepaco@hotmail.com
2. Lab. de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. leticia@unam.mx
3. Lab. de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. lnavarro@unam.mx
4. Lab. de Neuroendocrinología, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina UNAM. fesro@hotmail.com

### 3.2.24. Aislamiento y evaluación de un consorcio de cianobacteria de rizosfera de *Carica papaya* bajo riego con agua tratada magnéticamente

Lic. Yadenis Ortega Díaz<sup>1</sup>; Dra. C. Liliana Gómez-Luna<sup>1</sup> yortega@uo.edu.cu;  
lilianag@uo.edu.cu

En la actualidad, se han desarrollado avances biotecnológicos que han demostrado el potencial que poseen las cianobacterias en diversas áreas, convirtiéndose así en un grupo de alto valor económico. Entre sus principales aplicaciones se encuentran aquellas vinculadas a la capacidad de fijación de nitrógeno y de mejorar la estructura del suelo, que influye en su permeabilidad y capacidad de retención de agua, estos microorganismos durante su ciclo de vida incrementan la materia orgánica y segregan compuestos bioactivos (fitohormonas, vitaminas, aminoácidos que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas; igualmente liberan metabolitos secundarios que ayudan al control biológico de enfermedades bacterianas y fúngicas en los cultivos. En el presente trabajo se realizó el aislamiento, identificación y evaluación de un consorcio con cianobacterias aisladas de la rizósfera de la planta *Carica papaya* regada con agua tratada magnéticamente, cultivada en la Biofábrica de Santiago de Cuba, Cuba. El cual está conformado por las especies *Nostoc comune*, *Aphanothece mitissima*, *Planktothrix sp.* se aislaron y se cultivaron en medio de cultivos BG110 a una intensidad luminosa de 48.83 E m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> a una temperatura de 22 C<sup>0</sup> ± 2. Al cual se le determinó el crecimiento por peso seco, se le realizó extracción y cuantificación de pigmentos, el perfil bioquímico y contenido de nitrato. Para su posible aplicación en biotecnología que permite ampliar el espectro de microorganismos utilizados como estimuladores del crecimiento, biofertilizantes o acondicionadores de suelo.

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

### 3.2.25. Dispositivo para el tratamiento magnético de bacterias acidolácticas: diseño y simulación

Leonardo Mesa Torres<sup>1</sup>, Alejandro Alberto Bordelois Cayamo<sup>2</sup>, Jorge Luis García Rodríguez<sup>1</sup>

En la actualidad, cobra cada vez más auge, el tratamiento magnético a microorganismos para la elaboración y obtención de productos fermentados o probióticos. El siguiente trabajo propone el diseño y construcción de un dispositivo magnético, que consta con un sistema magnético, formado por imanes permanentes de forma rectangular, los cuales están distribuidos y confinados en una estructura no ferromagnética, de forma anular; que mejora la calidad del cultivo de yogur de soja, e implementa una nueva tecnología en la producción de productos lácteos.

PALABRAS CLAVES: tratamiento magnético, cultivos bacterianos, yogur.

1. Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Universidad de Oriente. Sede Julio Antonio Mella. Avenida de las Américas s/n, Santiago de Cuba, Cuba. Código Postal: 90400. GP 4078
2. Centro Biofísica Médica. Universidad de Oriente. Sede Antonio Maceo. Ave. Patricio Lumumba. s/n. Altos de Quintero Santiago de Cuba leonardito@uo.edu.cualejandro.boizan@cbiomed.cu

### 3.2.26. Nanopartículas de magnetita para la purificación de una proteína recombinante

Victor Alfredo Reyes Villegas<sup>1</sup>, Jesus Isaias De Leon Ramirez<sup>2</sup>, Bertha Landeros Sanchez<sup>3</sup>

La cromatografía de metal inmovilizado ha sido considerada como uno de los acercamientos más efectivos para la separación de proteínas etiquetadas con His(6xHis) [1]. Esta separación de ligandos consume mucho tiempo lo cual se puede evitar con la bioseparación magnética, ya que todos los pasos para la bioseparación magnética se puede llevar a cabo en un solo tubo de ensayo [2]. El objetivo general del estudio es evaluar la aplicación de nanopartículas de magnetita descubiertas (BMNP) como posible agente de purificación de proteínas con etiqueta de 6xHis. El método de síntesis de las BMNP fue previamente publicado [3]. La interacción de histidina con las BMNP fue caracterizada por UV-Vis y FT-IR a un pH de 3, 7 y 11. En cuanto a la purificación de la proteína recombinante, se incubó el extracto celular con las BMNP para probar la actividad como agente purificador y las muestras se analizaron por medio de electroforesis SDS-PAGE. Las nanopartículas demostraron una interacción con histidina a pH 7 y 11 a través del anillo aromático y posiblemente el grupo carbonilo analizado por espectroscopia de UV-vis y FT-IR. La adsorción y elución de MAP3773C con 6xHis en mayor cantidad que otras proteínas en solución fue detectada. Las nanopartículas de magnetita sintetizadas por el método de US-RP se utilizaron como agentes de purificación para la proteína MAP3773C con 6xHis y mostraron un potencial para ser utilizadas como una herramienta eficiente y efectiva para la purificación de una proteína recombinante con etiqueta 6xHis y/o biomoléculas con histidina.

[1] P. LI, L. LI, Y. ZHAO, L. SUN, AND Y. ZHANG, "Selective binding and magnetic separation of histidine-tagged proteins using Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Cu-apatite nanoparticles," J. Inorg. Biochem., vol. 156, no. 3, pp. 49–54, 2016.

[2] H. FATIMA AND K. S. KIM, "Magnetic nanoparticles for bioseparation," Korean J. Chem. Eng., vol. 34, no. 3, pp. 589–599, 2017.

[3] V. ALFREDO REYES VILLEGAS, J. ISAÍAS DE LEÓN RAMÍREZ, E. HERNANDEZ GUEVARA, S. PEREZ SICAIROS, L. ANGELICA HURTADO AYALA, AND B. LANDEROS SANCHEZ,, "Synthesis and characterization of magnetite nanoparticles for photocatalysis of nitrobenzene," J. Saudi Chem. Soc., 2020.

1. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, México, victor.alfredo.reyes.villegas@uabc.edu.mx
2. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, México, jesus.deleon@uabc.edu.mx
3. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, México, berthalanderos@uabc.edu.mx

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

Leticia R. Quesnel-Galván<sup>1</sup>, Patricia V. Torres-Duran<sup>2</sup> y Leticia Verdugo-Díaz<sup>3</sup>

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.

1. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Estudiante de Posgrado. letirox@yahoo.com.mx letiroxunam@gmail.com
2. Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, México. pavitodu@yahoo.com.mx
3. Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, México. leticia@unam.mx

### 3.2.28. Técnicas de medición en estudios radioelétricos como indicadores de contaminación ambiental por campos EM en el rango de la RF

Felix-Gonzalez Nazario, Rivera-Gonzalez Marco X, Maestu-Unturbe Ceferino Centro de Tecnología Biomédica, Universidad Politécnica de Madrid

Con el avance de la tecnología, la población se encuentra cada vez más expuestas a radiaciones por campos electromagnéticos no ionizantes en el rango de la radiofrecuencia (RF-EMF), los cuales se encuentran en el rango de 100 kHz a 300 GHz y son producidos por tecnologías inalámbricas como Wifi, teléfono móvil, televisión, radio, etc. Existe una creciente preocupación por los posibles efectos adversos en la salud pública debido a la continua exposición a estos campos electromagnéticos, por lo que surge la necesidad de contar con información suficiente para la realización a gran escala de estudios epidemiológicos que indiquen la prevalencia de enfermedades o patologías asociadas a estas radiaciones electromagnéticas. Debido a lo anterior cada vez hay más empresas, ayuntamientos, organismos gubernamentales y privados, etc. con la necesidad de evaluar los índices de contaminación electromagnética debido a fuentes artificiales de radiofrecuencia en su entorno. En este trabajo se detallan las técnicas de medición empleadas en algunos estudios encargados por ayuntamientos y particulares para la realización de mapas radioelétricos. Se muestran los resultados obtenidos usando como referencia la normativa regulatoria y otros índices más estrictos que tienen como objetivo una mayor protección de la población. Finalmente se detalla el desarrollo de un sistema de dosimetría personal, actualmente en fase final de desarrollo en el Centro de Tecnología Biomédica con la característica principal de ser portátil, de bajo coste y de tamaño reducido.

1. nazario.felix@ctb.upm.es

2. ceferino.maestu@ctb.upm.es

**3.2.29. Parámetros bioeléctricos de pacientes infanto-juvenil con cáncer sólido y no sólido vírgenes de tratamiento por el método de la bioimpedancia eléctrica**

Taira Batista Luna, Maraelys Morales González, Manuel Verdecia Jarque, Tamara Rubio González, Justa Carmen Columbié Regüeiferos, Antonio Rafael Selva Castañeda, Luis Enrique Bergues Cabrales



**3.2.30. Simulaciones Monte Carlo para obtener magnetización de nanopartículas de magnetita recubiertas de dopamina**

Mario E. Cano, Francisco A. Cholico



**3.2.31. Efecto del campo magnético sobre el crecimiento, viabilidad y potencial bioenergético de microalgas clorifíceas**

Liliana Gomez, Yadenis Ortefa, Ramón Guilart

