

## CAPÍTULO 5

# EFECTO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS PULSANTES DE 120 HERTZ Y CAMPOS MAGNÉTICOS ESTÁTICOS, SOBRE PARÁMETROS SANGUÍNEOS ENZIMÁTICOS DE RATAS (*Rattus norvegicus*) LÍNEA SPRAGUE DAWLEY

---

*Data de aceite: 02/05/2023*

### **Abraham O. Rodríguez-De la Fuente**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Exactas y Desarrollo Humano  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.  
<https://orcid.org/0000-0001-5665-7819>

### **José Antonio Heredia-Rojas**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Exactas y Desarrollo Humano  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.  
<https://orcid.org/0000-0001-7453-8573>

### **Eduardo Alfonso Rebollar-Téllez**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Exactas y Desarrollo Humano  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.  
<https://orcid.org/0000-0002-8173-3550>

### **Pedro Antonio Noguera-Díaz-López**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Exactas y Desarrollo Humano  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.  
<https://orcid.org/0000-0003-4506-2806>

### **Pedro César Cantú-Martínez**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Exactas y Desarrollo Humano  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.  
<https://orcid.org/0000-0001-8924-5343>

### **Omar Heredia-Rodríguez**

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Exactas y Desarrollo Humano  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.  
<http://www.fcb.uanl.mx/nw/es/2012-03-05-22-25-25/profesores-en-el-sni/details/39/998-omar-heredia-rodriguez>

**RESUMEN:** En los últimos años se ha incrementado el número de investigaciones para evaluar los efectos de los campos electromagnéticos (CEM) y los campos magnéticos estáticos (CME) en sistemas biológicos. Las técnicas usadas en estos estudios incluyen, entre otras; parámetros hematológicos y parámetros bioquímicos enzimáticos. El objetivo del presente estudio, fue evaluar el efecto de una exposición a CEM de tipo pulsante y CME generados por una máquina de uso terapéutico en seres humanos, en los niveles de enzimas de importancia fisiológica, usando un modelo murino. Se seleccionaron para este propósito ratas Sprague-Dawley de ambos sexos que fueron expuestas en dos modalidades de exposición: Exposición aguda y subaguda. La exposición aguda constó de 3 días con dos sesiones diarias de 50 minutos con intervalo de una hora entre ellas. Por su parte, la exposición subaguda, consistió en un tiempo de 2 semanas, dos sesiones por día de 50 minutos cada una con intervalo de una hora entre las sesiones, con excepción de un día de descanso. Al término de los tratamientos, se tomaron muestras de sangre arterial para la determinación de enzimas sanguíneas: Fosfatasa alcalina (FA), Transaminasa Glutámico Oxaloacética (TGO) y Transaminasa Glutámico Pirúvica (TGP).

Los resultados mostraron que, al comparar los niveles de las enzimas FA y TGP de animales expuestos al tratamiento magnético producido por la máquina con el grupo control no expuesto, no se encontraron diferencias ( $p > 0.05$ ). Por su parte, los niveles enzimáticos de TGO mostraron un ligero, pero significativo incremento, solo en machos expuestos a los campos magnéticos generados por la máquina en una fase aguda de tratamiento ( $p < 0.05$ ). En lo concerniente a la fase de exposición subaguda, por el contrario, fue en las hembras expuestas a los campos magnéticos, las que presentaron niveles de TGO elevados con respecto al grupo control no expuesto ( $p < 0.05$ ). En conclusión, se puede asumir que una exposición aguda y subaguda a CEM pulsantes de 120 Hz y CME producidos por una máquina de uso terapéutico, no generaron efectos significativos en los niveles enzimáticos de FA y TGP de ratas de ambos sexos, y aunque se observó un incremento en los niveles de TGO, éstos no fueron lo suficientemente elevados para suponer un proceso patológico generado por la exposición a los campos magnéticos probados en el presente estudio.

**PALABRAS CLAVE:** Campos magnéticos pulsantes, enzimas, *Rattus norvegicus*, sangre.

### EFFECT OF 120 HERTZ PULSED-ELECTROMAGNETIC FIELDS AND STATIC MAGNETIC FIELDS ON ENZYMIC BLOOD PARAMETERS OF RATS (*Rattus norvegicus*) SPRAGUE DAWLEY LINE.

**ABSTRACT:** In recent years, the number of investigations to evaluate the effects of electromagnetic fields (EMF) and static magnetic fields (SMF) on biological systems has increased. The techniques used in these studies include, among others; hematological and enzymatic biochemical parameters. The aim of the current study was to evaluate the effect of an exposure to pulsed EMF and SMF generated by a therapeutical machine used in humans, on the levels of enzymes of physiological importance using a murine model. Sprague-Dawley rats of both sexes were selected and exposed to magnetic fields in two exposure regimens: Acute and subacute exposure. The acute exposure consisted of 3 days with two daily sessions of 50 minutes with an interval of one hour between them. On the other hand, the subacute exposure consisted of an exposure time of 2 weeks, two sessions per day of 50 minutes each with an interval of one hour between sessions, with the exception of one day off. At the end

of the treatments, arterial blood samples were taken for evaluating blood enzymes: Alkaline phosphatase (ALP), Glutamic Oxaloacetic Transaminase (GOT) and Glutamic Pyruvic Transaminase (GPT). The observed results showed that, when comparing the levels of ALP and GPT enzymes from animals exposed to magnetic treatment produced by machine with control group not exposed, no differences were found ( $p > 0.05$ ). On the other hand, enzymatic levels of GOT showed a slight but significant increase in males exposed to magnetic fields generated by the machine in the acute treatment regimen ( $p < 0.05$ ). Regarding subacute exposure regimen, the female animals exposed to magnetic fields were who presented elevated GOT levels compared to control group not exposed ( $p < 0.05$ ). In conclusion, it can be assumed that an acute and subacute exposure to pulsed EMF of 120 Hz and SMF produced by a therapeutic machine did not generate significant effects on the enzymatic levels of ALP and GPT of rats of both sexes, and although an increase in GOT levels was observed, these were not high enough to suppose a pathological process generated by exposure to magnetic fields tested in the current study.

**KEYWORDS:** Pulsating magnetic fields, enzyme, *Rattus norvegicus*, blood.

## 1 | INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se han llevado a cabo un gran número de investigaciones concernientes a los efectos de los campos electromagnéticos (CEM) en sistemas biológicos, sin embargo, no se ha llegado a un consenso general sobre estos efectos. Aun así, se ha observado que estas radiaciones no ionizantes sí son capaces de producir diversos efectos medibles en seres vivos.

La radiación no ionizante normalmente interactúa con el tejido mediante la generación de calor, sin embargo, las que aquí nos ocupan no tienen un efecto térmico, y su efecto tiene más que ver con la inducción de estrés oxidativo dentro de las células (Sies, 1986). Sin embargo, aún quedan muchas incertidumbres acerca de la severidad de los efectos de la exposición tanto aguda como crónica a este tipo de radiaciones, sobre todo aquellas que son de frecuencia muy baja o extremadamente baja, como las probadas en este estudio. Generalmente, el público está más preocupado por los riesgos de los CEM generados por líneas de alta tensión, las ondas de radio y las microondas (Ng, 2003).

En contraparte, se ha observado que existen efectos benéficos de los CEM que son de interés para el ser humano (Basset, 1993). Es por esto, que, en el presente estudio, se evaluó la inocuidad de un sistema que combina la exposición a CEM de tipo pulsante con campos magnéticos estáticos (CME), patentado para tratamiento de cáncer en seres humanos (US Patent # 6235251 B1) (Davidson, 2001) usando un modelo murino con ratas (*Rattus norvegicus*) de la línea Sprague Dawley con la intención de observar si esta máquina produce algún tipo de efecto nocivo sobre los parámetros enzimáticos sanguíneos de estos animales. Al respecto, se ha encontrado que la exposición a CEM de frecuencia extremadamente baja causa un incremento en las enzimas alanina aminotransferasa (ALT), lactato deshidrogenasa (LDH), además de aspartato aminotransferasa (AAT), (Sánchez-

González, et al., 2007).

En un trabajo realizado por Sallam y Awad (2008), se evaluó el efecto de un CME de 10, 14, 18 y 22 mT sobre la función de enzimas hepáticas en ratas. Los animales fueron expuestos por una hora diaria durante una semana, y se midieron las enzimas; transaminasa glutámico oxaloacética (TGO) y la, transaminasa glutámico pirúvica (TGP) después de la exposición a los CME. Los resultados mostraron incrementos en los niveles de ambas enzimas de hasta tres veces en los animales expuestos a los CME en comparación con el grupo control no expuesto. Sin embargo, estas elevaciones se recuperaron luego de una semana después de haber cesado la exposición, pero no volvieron a sus valores originales de antes de la exposición.

En otro estudio, se evaluó el efecto de CEM producidos por telefonía celular sobre las enzimas ALT y AAT de ratas albinas. Los animales fueron colocados en jaulas de polipropileno y expuestos a la radiación de la telefonía a tasa de absorción específica (1.25 vatios/kg) durante un período de 2 meses. Los resultados indicaron que ambas enzimas aumentaron significativamente en las ratas expuestas, en comparación con sus controles (Kaur y Khera, 2018).

En otro estudio, llevado a cabo en seres humanos, se determinó también la actividad de la ALT y AAT *in vitro* en campo geomagnético normal y en ausencia de campo magnético o campo magnético cero (ZMF) durante 72 horas. Se encontró una disminución del 24–31% de las actividades de las enzimas en condiciones de ZMF en comparación con los controles en el campo geomagnético normal de la zona de estudio (Ciorba et al., 2001).

Por su parte, Ibrahim (2018), evaluó el efecto de la exposición a un CEM de intensidad 217 Gauss sobre la actividad enzimática del hígado de ratones machos. La función hepática se estudió mediante análisis de las enzimas ALT y AAT. Los resultados mostraron que la exposición al CEM produjo una disminución significativa en la concentración de la enzima ALT en comparación con el grupo control, mientras que no hubo efecto en los niveles de AAT en comparación con el control.

En un estudio reciente (Guo et al., 2020) se encontró, que, al exponer ratones a pulsos electromagnéticos de banda ancha, los animales mostraron aumentos significativos en los niveles de ALT y AAT.

En vista de los resultados controversiales reportados en la literatura, el presente estudio fue diseñado con el propósito de evaluar el efecto de una exposición aguda y subaguda a CEM pulsantes de 120 Hertz de frecuencia y CME generados por una máquina de uso terapéutico, sobre parámetros enzimáticos sanguíneos que incluyen los niveles de fosfatasa alcalina (FA), transaminasa glutámico oxaloacética (TGO) y transaminasa glutámico pirúvica (TGP) de ratas (*Rattus norvegicus*) de la línea Sprague-Dawley.

## 2 | MATERIALES Y MÉTODOS

### Animales

Se utilizaron un total de 60 ratas, 30 machos y 30 hembras de la línea Sprague Dawley de 16 semanas de edad con pesos de: 250-300 g para el caso de las hembras y de 400-450 g para los machos. Los animales fueron proporcionados y acondicionados en el bioterio del Centro de Investigación Biomédica del noreste, del Instituto Mexicano del Seguro Social, México.

### Condiciones de Bioterio

La temperatura se mantuvo entre 18 y 25 °C. La ventilación de la habitación se realizó con 15 a 18 recambios de aire total por hora. El ruido ambiental no fue mayor a 85 dB y el fotoperíodo fue de 12 h luz/12 h oscuridad. La humedad relativa se mantuvo entre 40 y 70%. Se suministró una dieta estándar de roedores (Purina, Inc.) *ad libitum*. Estas condiciones son de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999) sobre especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio.

### Diseño de los Bioensayos

#### *Fase aguda de exposición a CEM pulsantes y CME*

En esta fase se utilizaron 30 ratas, 15 hembras y 15 machos que fueron subdivididas en los siguientes grupos: **(a)** animales expuestos a CEM pulsantes de 120 Hz + CME, durante 3 días consecutivos en 2 sesiones diarias de 50 minutos de exposición cada una, con intervalos de 1 hora entre ellas. **(b)** animales expuestos a un CME, en este caso la máquina no recibió corriente eléctrica y solo se consideró la influencia de los magnetos de neodimio que el diseño del aparato contempla. La exposición fue también durante 3 días consecutivos, el mismo número de sesiones y tiempos que en el grupo anterior, **(c)** conformado por animales no expuestos a la acción de la máquina, y que fueron manejados en su totalidad en las condiciones de bioterio antes mencionadas. Cada uno de los grupos incluyó 5 hembras y 5 machos. Los 30 animales de esta fase, fueron anestesiados al momento de completar su ciclo de exposición, para obtener muestras de sangre total que fue procesada como se explica más adelante.

#### *Fase subaguda de exposición a CEM pulsantes y CME*

En esta fase también se utilizaron 30 ratas; 15 hembras y 15 machos que se subdividieron en los siguientes grupos: **(d)** animales expuestos a CEM pulsantes de 120 Hz + CME, durante 50 minutos, 2 veces al día, con intervalo de 1 hora entre las exposiciones, durante dos semanas con suspensión (descanso) del séptimo día, **(e)** exposición a CME (máquina apagada, es decir sin recibir corriente eléctrica en la bobina), durante 50 minutos, 2 veces al día con intervalos de 1 hora entre las exposiciones, durante 2 semanas y con

suspensión del séptimo día, y (f) grupo no expuesto a la máquina, manejados por el mismo periodo de tiempo como el de los otros grupos de esta fase, en las condiciones de bioferio antes mencionadas. Cada grupo incluyó 5 hembras y 5 machos. Los 30 animales de esta fase fueron también anestesiados al momento de completar su ciclo de tratamiento y así se obtuvo sangre total para las diversas determinaciones enzimáticas.

### *Características del sistema de exposición a CEM pulsantes + CME*

De acuerdo a la patente # US 6235251 B (Davidson, 2001), el sistema fue originalmente diseñado para magnetoterapia en seres humanos. El dispositivo está formado por un conjunto de imanes permanentes de neodimio que en conjunto constituyen un anillo. Incluye también una bobina conformada con alambre de cobre laqueado alrededor de este anillo de imanes. Una vez que pasa corriente eléctrica por la bobina, se genera un CEM combinado con el CME de los imanes. La frecuencia del componente de corriente alterna es programable y se establece en 120 Hertz, que es la estipulada por el diseñador para los esquemas de terapia. Mediante un teslámetro marca Bell FW 6010. No. de serie 9916002 (Orlando Fl, USA) y sonda de efecto Hall, se determinó la densidad de flujo magnético para el CEM pulsante combinado con el CME, y que resultó ser en promedio de 17.6 mT en la zona en que se expusieron los animales. Por su parte, el CME fue en promedio de 8.6 mT, que se midió con el mismo instrumento mencionado anteriormente, pero en la función de campo estático. Adicionalmente, se acopló al sistema de exposición un osciloscopio digital Marca Fluke Modelo 96B-Scopemeter Series II de 60 MHz, No. de serie DM 6880257 (Bell Instruments, Orlando Fl, USA), y se detectó una onda de tipo pulsante de 120 Hertz de frecuencia. Adicionalmente, la homogeneidad del CEM y del CME fue constatada en la zona de exposición de los especímenes. Los animales fueron colocados en la zona de exposición en jaulas de acrílico transparente.

### **Determinación de enzimas sanguíneas**

Finalizados los ciclos de tratamiento magnético de los diferentes grupos, se procedió a la obtención de la muestra sanguínea. Los animales fueron anestesiados por vía intraperitoneal con una solución de 6.3 g/100 ml de pentobarbital sódico de uso veterinario (Cheminova-Nutrifasa®), a una dosis de 3 a 5 mg/100 g de peso corporal. La sangre se extrajo mediante punción aórtica con aguja calibre No.21 y jeringa de 10 ml y fueron vertidos 7 ml de sangre en un tubo de 13 x 100 mm, sin anticoagulante. Una vez separado el suero por centrifugación, las muestras fueron procesadas en un equipo automatizado Roche Hitachi 911. Las 60 muestras analizadas incluyeron la determinación de las siguientes enzimas: Fosfatasa alcalina (FA), Transaminasa Glutámico Oxaloacética (TGO) y Transaminasa Glutámico Pirúvica (TGP).

## Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar si presentaban distribución normal. Posteriormente, se realizó una prueba de análisis de varianza de un factor y la prueba de comparación de medias de Tukey, para establecer diferencias individuales entre los grupos de estudio. Todos los análisis se elaboraron con el paquete estadístico SPSS versión 22.0 considerando significativas las diferencias cuando  $p < 0.05$ .

## 3 | RESULTADOS

Al comparar los niveles de enzimas sanguíneas de animales expuestos al tratamiento magnético agudo y subagudo contra el grupo control no expuesto, no se encontraron efectos del CEM pulsante + CME o al CME estático producido por la máquina, sobre las enzimas FA y TGP. Por su parte, los niveles enzimáticos de TGO mostraron un ligero, pero significativo incremento, en machos expuestos a los campos magnéticos generados por la máquina en la fase de exposición aguda, al compararse con el grupo control no expuesto ( $p < 0.05$ ). Por otro lado, las hembras de este mismo experimento de fase aguda, no mostraron efectos de la exposición magnética en los niveles de TGO con respecto al grupo control no expuesto ( $p > 0.05$ ). En lo concerniente a la fase de exposición subaguda, por el contrario, fue en las hembras expuestas a los campos magnéticos, tanto en los tratamientos de CEM pulsantes + CME y CME, las que presentaron niveles de TGO elevados con respecto al grupo control no expuesto ( $p < 0.05$ ). Los machos, por su parte, no mostraron cambios en los niveles de TGO en ninguno de los tratamientos magnéticos de esta fase de exposición subaguda, al compararse con sus controles no expuestos ( $p > 0.05$ ).

En las figuras de la 1 a 3, se muestran los resultados de la evaluación de cada una de las enzimas sanguíneas estudiadas.

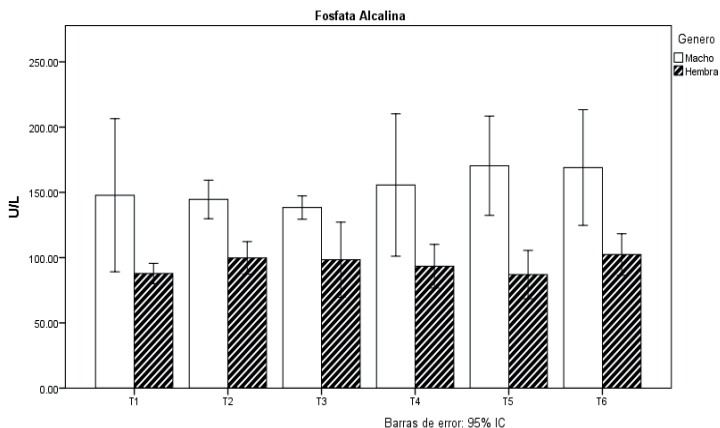


Figura 1. Evaluación de fosfatasa alcalina (FA). (T1) animales expuestos a CEM pulsantes + CME en fase aguda, (T2) exposición a CM estático en fase aguda, (T3) grupo control no expuesto en experimento de fase aguda, (T4) animales expuestos a CM pulsantes + CME en fase subaguda, (T5) exposición a CM estático en fase subaguda, (T6) grupo control no expuesto de la fase subaguda. Las barras representan los valores promedio (media aritmética grupal) en Unidades por Litro (U/L) con sus respectivas desviaciones estándar.

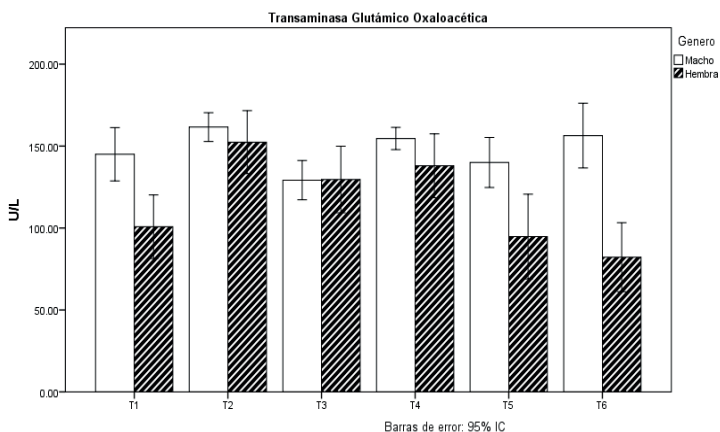


Figura 2 Evaluación de transaminasa glutámico oxaloacética (TGO). (T1) animales expuestos a CEM pulsantes + CME en fase aguda, (T2) exposición a CM estático en fase aguda, (T3) grupo control no expuesto en experimento de fase aguda, (T4) animales expuestos a CM pulsantes + CME en fase subaguda, (T5) exposición a CM estático en fase subaguda, (T6) grupo control no expuesto de la fase subaguda. Las barras representan los valores promedio (media aritmética grupal) en Unidades por Litro (U/L) con sus respectivas desviaciones estándar.



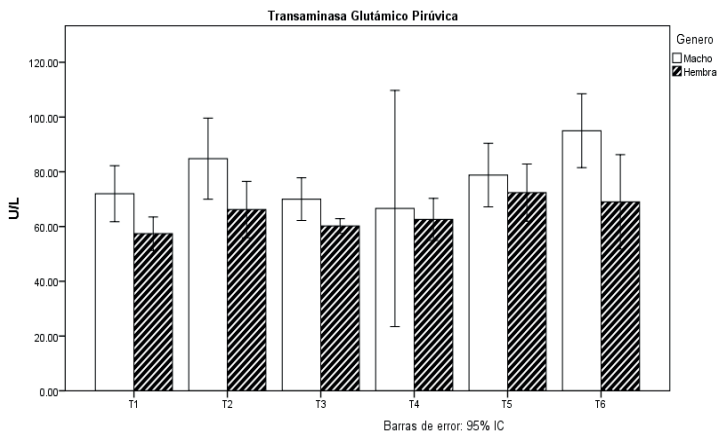


Figura 3. Avaliação de transaminasa glutâmico pirúvica (TGP). (T1) animais expostos a CEM pulsantes + CME em fase aguda, (T2) exposição a CM estático em fase aguda, (T3) grupo control no exposto em experimento de fase aguda, (T4) animais expostos a CM pulsantes + CME em fase subaguda, (T5) exposição a CM estático em fase subaguda, (T6) grupo control no exposto de la fase subaguda. Las barras representan los valores promedio (media aritmética grupal) en Unidades por Litro (U/L) con sus respectivas desviaciones estándar.

## 4 | DISCUSIÓN

En el presente estudio, no se observó diferencia estadísticamente significativa en los niveles de FA y TGP en animales expuestos a la acción de CEM pulsantes combinados con CME y CME generados por una máquina de uso terapéutico, en comparación con animales no expuestos a la acción magnética de esta máquina. Esto concuerda, en parte, con un estudio previo realizado por Ubeda et al. (1997) ya que estos autores tampoco observaron diferencias significativas en los niveles de estas enzimas al exponer ratas a campos magnéticos de 1.5 mT. En contraste, Zhou et al. (2011) encontraron niveles elevados de FA en osteoblastos humanos *in vitro* que fueron expuestos a CEM sinusoidales de intensidad de 1.8 mT. Por el contrario, Hashish, et al. (2008), observaron una notable disminución en los niveles de FA en ratones expuestos a CEM y CME.

Por otra parte, en nuestro estudio se encontraron ligeras elevaciones ( $p < 0.05$ ) en los niveles de la enzima TGO en machos de la fase aguda de exposición y en hembras de la fase subaguda. Sin embargo, las variaciones encontradas en esta enzima pudieran ser consideradas variables fisiológicas, ya que no mostraron valores superiores o inferiores de los rangos referidos en el Anexo del Manual Sobre el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación de la Canadian Council on Animal Care (Olfert et al., 1993).

Por otra parte, los efectos obtenidos para los niveles de la enzima TGO difieren con el estudio realizado por Sánchez-González, et al. (2007) quienes no encontraron alteraciones en los niveles de TGO en seres humanos expuestos laboralmente, aunque sí encontraron un aumento significativo en los niveles de las enzimas alanina aminotransferasa (ALT),

lactato desidrogenasa (LDH) y aspartato aminotransferasa (AAT). Más recientemente, Silkstone y Wilson (2016), tampoco encontraron alteraciones en los niveles de TGO con una exposición a CEM de 100  $\mu$ T a 10 mT en una variedad de frecuencias.

En contraparte, Kula, et al. (2000) reportan que los campos magnéticos de extremadamente baja frecuencia son capaces de incrementar la actividad de enzimas como la superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y la glutatión peroxidasa, además de incrementar los niveles de malondialdehído (MDA), producto de la peroxidación lipídica.

Por otro lado, existe evidencia que indica que la exposición a campos magnéticos estáticos puede inducir cambios enzimáticos en mamíferos. Así, Salem et al. (2005) observaron que al exponer ratas a un campo magnético estático una hora al día por treinta días, se detectó un aumento en los niveles en suero de LDH, AAT, y ALT. En el mismo estudio, se encontró que al administrar 40 mg/l de zinc por treinta días se previno un aumento en las actividades de las transaminasas (AAT y ALT) en el suero de las ratas, sugiriendo que la suplementación por zinc podría prevenir efectos tóxicos inducidos por campos magnéticos estáticos, probablemente debido a las propiedades antioxidantes de este elemento.

En conclusión, en el presente estudio, se puede asumir que la exposición aguda y subaguda a CEM pulsantes de 120 Hz y CME producidos por una máquina de uso terapéutico, no generaron efectos significativos en los parámetros enzimáticos de FA y TGP de ratas de ambos sexos de la línea Sprague- Dawley, y aunque se observó un aumento en los niveles de TGO, éstos no fueron lo suficientemente elevados para suponer un proceso patológico generado por la exposición a los campos magnéticos probados.

## REFERÊNCIAS

Almeida, J. A., Diniz, Y. S., Marques, S. F. G., Faine, L. A., Ribas, B. O., Burneiko, R. C., Novelli, E. L. B. (2002). **The use of the oxidative stress responses as biomarkers in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to in vivo cadmium contamination.** Environment International, 27(8), 673-679. [http://doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00127-1](http://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00127-1)

Bassett, C. A. L. (1993). **Beneficial effects of electromagnetic fields.** Journal of cellular biochemistry, 51(4), 387-393.

Ciorba, D., Morariu, V. V. (2001). **Life in zero magnetic field. III. Activity of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase during in vitro aging of human blood.** Electro- and Magnetobiology, 20(3), 313-321.

Davidson J.G. (2001). **System and method for treating cells using electromagnetic-based radiation.** United States Patent N° 6235251 B1.

Dennerly, P. A. (2007). **Effects of oxidative stress on embryonic development. Birth defects research.** Part C, Embryo today: reviews, 81(3), 155-62. <http://doi.org/10.1002/bdrc.20098>

Diario Oficial de la Federación. (2001). NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, **Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio**. Recuperado a partir de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=762506&fecha=22/08/2001](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=762506&fecha=22/08/2001)

Guo, K., Zhang, Y., Fang, X., Fan, P., Shang, S., Fan, F., Wu, H., Man, M., Xie, Y., & Lu, X. (2020). **Effects of acute exposure to ultra-wideband pulsed electromagnetic fields on the liver and kidneys of mice**. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 39(2), 109-122.

Hashish, A. H., El-Missiry, M. A., Abdelkader, H. I., Abou-Saleh, R. H. (2008). **Assessment of biological changes of continuous whole body exposure to static magnetic field and extremely low frequency electromagnetic fields in mice**. *Ecotoxicology and environmental safety*, 71(3), 895-902.

Ibrahim, N, Hajalan, S, Wajih, A, Khudhair, N, Khalid, A, Thaker, A.A. (2018). **Study the effect of electromagnetic field on some physiological and histological characteristics on the liver of mice**. *Asian Jr. Of Microbiol. Biotech. Env. Sc*, 20, S41-S46.

Kaur, M., Khera, K. S. (2018). **Impact of cell phone radiations on pituitary gland and biochemical parameters in albino rat**. *Octa Journal of Biosciences*, 6(1).

Kula, B., Sobczak, A., Kuśka, R. (2000). **Effects of static and ELF magnetic fields on free-radical processes in rat liver and kidney**. *Electro-and Magnetobiology*, 19(1), 99-105.

Ng, K.H. (2003). **Non-ionizing radiations—sources, biological effects, emissions and exposures**. In *Proceedings of the international conference on non-ionizing radiation at UNITEN*. Recuperado a partir de <http://www.who.int/entity/peh-emf/meetings/archive/en/keynote3ng.pdf>

Olfert, E. D., Cross, B. M., Ann McWilliam, A., Olfert, E., Cross Assistant Director, B., McWilliam, A. (1993). **Guide To The Care And Use Of Experimental Animals**. Volume 1 1993. Canadian Council on Animal Care.

Salem, A., Hafedh, A., Rached, A., Mohsen, S., Khémais, B. R. (2005). **Zinc prevents hematological and biochemical alterations induced by static magnetic field in rats**. *Pharmacological reports : PR*, 57(5), 616-22. Recuperado a partir de [http://rabbit.if-pan.krakow.pl/pjp/pdf/2005/5\\_616.pdf](http://rabbit.if-pan.krakow.pl/pjp/pdf/2005/5_616.pdf)

Sallam, S. M., Awad, A. M. (2008). **Effect of static magnetic field on the electrical properties and enzymes function of rat liver**. *Romanian J Biophys*, 4, 337-47.

Sánchez González, Dolores Javier Orjuela Henry, Darío de Jesús Trejo Bahena, Nayeli Isabel Martínez Martínez, Claudia María Ramírez Silva, S. (2007). **Efectos biológicos de campos electromagnéticos de frecuencia industrial. Modelo en ratas**. *Revista de Sanidad Militar*, 61(6), 371-380.

Sies, H. (1986). **Biochemistry of Oxidative Stress**. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 25(12), 1058-1071. <http://doi.org/10.1002/anie.198610581>.

Silkstone, G., Wilson, M. T. (2016). **A further investigation of the effects of extremely low frequency magnetic fields on alkaline phosphatase and acetylcholinesterase**. *Plos one*, 11(3), e0148369.

Ubeda, A., Díaz-Enriquez, M., Martínez-Pascual, M. A., Parreño, A. (1997). **Hematological changes in rats exposed to weak electromagnetic fields.** Life Sciences, 61(17), 1651-1656.

Zhou, J., Ge, B., Chen, K., Li, Z., Cheng, G., Wang, J., Ming, L., & Wei, Z. (2011). **Time effect of sinusoidal electromagnetic field on enhancing the maturation and mineralization of osteoblasts in vitro.** Sheng wu yi xue Gong Cheng xue za zhi= Journal of Biomedical Engineering= Shengwu Yixue Gongchengxue Zazhi, 28(6), 1085-1088.