

Especialización en Terapéuticas Alternativas y Farmacología Vegetal



FUNDACIÓN UNIVERSITARIA
JUAN N. CORPAS

Educación y Salud de Calidad
con Sentido Social

Trabajo de grado

VARIACIONES EN CONSTANTES VITALES, MEDIDAS HEMATOMÉTRICAS,
QUÍMICA SANGUÍNEA Y ELECTROCARDIOGRÁFICAS CON LA EXPOSICIÓN A
UN CAMPO MAGNÉTICO EN SUJETOS SANOS

GABRIELA FERNANDA GUERRERO ERAZO
MARCELLA FERNANDA GUERRERO ERAZO
ANA MARÍA PARRA VARGAS
BEATRIZ EUGENIA SERNA FORERO
NADIA CAROLINA TORO BAQUERO

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA JUAN N. CORPAS
ESCUELA DE MEDICINA
ESPECIALIZACIÓN EN TERAPÉUTICAS ALTERNATIVAS Y FARMACOLOGÍA
VEGETAL
BOGOTÁ D.C.
2020

VARIACIONES EN CONSTANTES VITALES, MEDIDAS HEMATOMÉTRICAS,
QUÍMICA SANGUÍNEA Y ELECTROCARDIOGRÁFICAS CON LA EXPOSICIÓN A
UN CAMPO MAGNÉTICO EN SUJETOS SANOS

GABRIELA FERNANDA GUERRERO ERAZO
MARCELLA FERNANDA GUERRERO ERAZO
ANA MARÍA PARRA VARGAS
BEATRIZ EUGENIA SERNA FORERO
NADIA CAROLINA TORO BAQUERO

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA
EN TERAPÉUTICAS ALTERNATIVAS Y FARMACOLOGÍA VEGETAL:
ESTUDIO PRIMARIO- COHORTE DE SUJETOS SANOS - CON CONTROL
ENMASCARADO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA

TUTOR TEMÁTICO DR. LUIS GABRIEL PIÑEROS RICARDO
DIRECTOR ESPECIALIZACIÓN EN TERAPÉUTICAS ALTERNATIVAS Y
FARMACOLOGÍA VEGETAL
TUTOR METODOLÓGICO DR. VÍCTOR HUGO FORERO SUPELANO

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA JUAN N CORPAS
ESCUELA DE MEDICINA
ESPECIALIZACIÓN EN TERAPÉUTICAS ALTERNATIVAS Y FARMACOLOGÍA
VEGETAL
BOGOTÁ D.C.
2020

Dedicatoria:

A nuestras familias, profesores y compañeros por su apoyo incondicional y continuo, que hizo posible lograr el objetivo de estudiar una ciencia que complementa nuestra formación y que pondremos a disposición de nuestros pacientes para procurarles mayor bienestar y acompañamiento.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros profesores, tutores, a la Facultad de Medicina de Fundación Universitaria Juan N. Corpas, sus empleados y todas las personas que facilitaron el cumplimiento de esta meta; apoyándonos en todo momento y haciendo más amable este proceso. Agradecimiento especial al Dr. Luis Gabriel Piñeros por su colaboración y a nuestras familias por el apoyo incondicional durante estos años de estudio.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	15
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2.1 DEFINICIÓN	
1.2.2 JUSTIFICACIÓN	
1.3 MARCO TEÓRICO	17
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS	
1.4.1 MATERIALES	
1.4.2 METODOLOGÍA	
1.5 DESARROLLO DEL PROYECTO	
1.5.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO	
1.6 CRONOGRAMA	
1.7 CONCLUSIONES	
1.8 RECOMENDACIONES	
1.9 BIBLIOGRAFÍA	

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Dosificación de los campos magnéticos	18-19
Tabla 2. Valores de referencia de PA según la Sociedad Europea de Cardiología y del Colegio Americano de Cardiología	25
Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión	38

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág
Gráfica 1. Nombre de la gráfica	25
Gráfica 2. Nombre de la gráfica	28
Gráfica 3. Nombre de la gráfica	32
Gráfica 4. Nombre de la gráfica	37

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Configuración de la exposición al campo magnético	32

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A. Consentimiento informado	89
Anexo B. Nombre del anexo	90
Anexo C. Nombre del anexo	95

GLOSARIO

CEM: Campos electromagnéticos

Ciego simple: Se refiere generalmente a que el sujeto desconoce el grupo de tratamiento al que pertenece, aunque es a veces el investigador quien desconoce la asignación de tratamientos.

Criterios de inclusión: son todas las características particulares que debe tener un sujeto u objeto de estudio para que sea parte de la investigación. Estas características, entre otras, pueden ser: la edad, sexo, grado escolar, nivel socioeconómico, tipo específico de enfermedad, estadio de la enfermedad y estado civil. Además, cuando la población son seres humanos es conveniente señalar la aceptación explícita de su participación mediante carta de consentimiento informado y, en caso de niños, de carta de asentimiento.

Criterios de exclusión: se refiere a las condiciones o características que presentan los participantes y que pueden alterar o modificar los resultados, que en consecuencia los hacen no elegibles para el estudio. Típicamente estos criterios de exclusión se relacionan con la edad, etnicidad, por la presencia de comorbilidades, gravedad de la enfermedad, presencia de embarazo, o las preferencias de los pacientes. Es importante destacar que estas características no corresponden a lo “contrario” de los criterios de inclusión; por ejemplo, si en el estudio se define que se incluirán mujeres, en los de exclusión no debe señalarse hombres, o bien, si el estudio será de adultos, no es correcta la exclusión de niños.

Criterios de eliminación: Este aspecto corresponde con las características que se pueden presentar en el desarrollo de la investigación. Es decir, serán circunstancias que pueden ocurrir después de iniciar la investigación y de haber seleccionado a los participantes. Por ejemplo, en un estudio longitudinal con la vigilancia mensual de los pacientes durante un año, los pacientes que dejaron de acudir por cualquier causa (entre otras, muerte, cambio de domicilio, no deseo de seguir participando en el estudio) en algún momento, no deberán ser considerados al final, por esta razón serán eliminados del estudio. En el caso de estudios transversales, como en una encuesta, el criterio de eliminación sucede cuando los participantes no completan apropiadamente la o las evaluaciones programadas.

DC: Corriente continua, la misma fluye en una sola dirección y el campo magnético es estable

ECG: Electrocardiograma

ELF: Campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja.

EKG: Electrocardiograma

EMF: Campos electromagnéticos

ELF-PEMF: Campos electromagnéticos de pulso de frecuencia extremadamente baja

FC: Frecuencia cardíaca

FR: Frecuencia respiratoria

Gauss: Unidad de inducción magnética, del sistema cegesimal. Corresponde a la diezmilésima parte de una tesla

Hb: Hemoglobina

HF: Alta frecuencia

Hto: Hematocrito

HRV: Variabilidad de la frecuencia cardíaca
IL-6: Interleucina 6
IgG: Inmunoglobulina G
IgM: Inmunoglobulina M
Kgauss: kilo gauss
LF: Baja frecuencia
MTS: Magnetic strength threshold
PA: Presión arterial
PCR: Proteína C reactiva
PSD: densidad de potencia espectral
PMF: Campo magnético pulsado
pT: Picotesla
uT: Microtesla
RMS: El valor de la media de la raíz cuadrada de los datos registrados
SMF: Campos magnéticos estáticos (SMF)
SOP: Síndrome de ovario poliquístico

INTRODUCCIÓN

Los campos magnéticos pulsados han demostrado ser una terapia eficaz, segura y económica para el tratamiento de múltiples patologías. Incluso, a pesar de estar catalogada como una terapéutica complementaria o alternativa los campos magnéticos pulsados se emplean con frecuencia en diferentes especialidades médicas convencionales. El uso de esta terapia se basa en el efecto físico generado por la combinación de un pulso eléctrico y magnético, que genera ondas que pueden penetrar a profundidad todos los tejidos.

experimentos realizados en animales y varios ensayos clínicos desarrollados en humanos han demostrado cómo la estimulación electromagnética genera efectos positivos en los diferentes tejidos corporales; activando los procesos de cicatrización, disminuyendo la inflamación, el dolor y acelerando el proceso de reparación ósea; convirtiéndose de esta manera en una terapéutica prometedora para el tratamiento de diversas afecciones.

No obstante aún faltan estudios que evidencien si estos campos magnéticos artificiales causan efectos en sujetos sanos, como en los trabajadores de la salud que se exponen diariamente a estos equipos biomédicos o si la magnetoterapia podría tener efectos preventivos o benéficos en los sujetos sanos. Es claro que diariamente todos estamos expuestos a campos magnéticos artificiales, provenientes de nuestros celulares, torres de energía, computadores entre otros, sin embargo, no se encuentran muchos estudios que evidencien si los campos magnéticos pulsados de baja frecuencia generan algún cambio o variabilidad en nuestro organismo. Debido a esto el objetivo del presente estudio fue determinar variaciones en las constantes vitales, medidas hematométricas, química sanguínea y electrocardiográficas con la exposición a un campo magnético en sujetos sanos.

1. OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si hay o no variaciones en las constantes vitales, medidas hematométricas, electrocardiográficas y de química sanguínea, con la exposición a un campo magnético en sujetos sanos.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Convocar e incluir sujetos sanos previo consentimiento informado para participar , por asignación al azar, a la exposición o no exposición a campo magnético.
 - Realizar toma de muestras para medición de variables (consignar cuáles constantes vitales y cuáles medidas hematométricas) y registro electrocardiográfico basales.
 - Asignar, cada sujeto, a exposición o no exposición a campo magnético.
 - Exponer a campo magnético / no campo magnético a los sujetos
 - Realizar toma de muestras para medición de variables y registro electrocardiográfico luego de exposición / no exposición a campo magnético
- Identificar si existen cambios en las constantes vitales, medidas hematométricas, electrocardiográficas y de química sanguínea, en los sujetos sanos expuestos y no expuestos a los campos magnéticos pulsados.

Diferenciar los resultados encontrados en sujetos sanos expuestos a los campos magnéticos pulsados vs los no expuestos.

Contrastar los resultados obtenidos en el grupo de sujetos del estudio I con los evidenciados en la revisión de literatura realizada.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad existen pocos estudios acerca de las consecuencias de la exposición de personas sanas a los campos magnéticos pulsados de baja frecuencia y no hay registros en la literatura con respecto de los efectos fisiológicos durante e inmediatamente después de la terapia. Debido a esto se desconoce si esta terapéutica puede generar variabilidades en algunos parámetros como las constantes vitales, química sanguínea y medidas hematométricas y electrocardiográficas, que generen desenlaces positivos o negativos sobre los sujetos expuestos.

1.2.2 JUSTIFICACIÓN

El uso de las terapias alternativas o complementarias para el tratamiento y prevención de múltiples enfermedades está aumentando diariamente alrededor del mundo; uno de los tratamientos más empleados son los campos magnéticos pulsados de baja frecuencia, debido a la evidencia disponible principalmente acerca del efecto benéfico en el manejo de los procesos inflamatorios, el dolor y las fracturas. Sin embargo, se desconocen los efectos de esta terapia en sujetos sanos y existe poca evidencia sobre si en pacientes con diferentes patologías pueden presentar variabilidades en parámetros como las constantes vitales, medidas hematométricas, química sanguínea y medidas electrocardiográficas, que generen desenlaces positivos o negativos sobre los sujetos expuestos. Esto, teniendo en cuenta que los procesos bioquímicos y fisiológicos, se basan en el flujo de cargas eléctricas y que éstas a su vez generan un efecto magnético; todos nosotros poseemos un campo magnético natural, incluso la tierra posee su propio campo magnético y gracias a esta fuerza electromagnética es que el ADN gira en nuestro cuerpo, teniendo esto en cuenta, se podría sugerir que la exposición a campos magnéticos artificiales de manera inevitable genera cambios en nuestro organismo. Con el presente estudio esperamos dilucidar esta incógnita y así, determinar si se deben realizar ajustes a los protocolos de exposición a magnetoterapia de acuerdo con nuestros hallazgos e identificar el impacto de la exposición a campos magnéticos en la variabilidad de los signos vitales y paraclínicos señalados, en los adultos sanos.

1.3 MARCO TEÓRICO

A lo largo del tiempo los efectos biológicos de los campos magnéticos sobre los seres vivos han sido motivo de estudio. Debido a que los procesos bioquímicos y fisiológicos, se basan en el flujo de cargas eléctricas (iones, electrones)¹. Es por esto que el interés terapéutico en esta rama de la medicina se ha incrementado en los últimos años. Sin embargo, esta terapia ha sido empleada a lo largo de la historia; médicos de la antigua Grecia, China, Japón y Europa aplicaron con éxito materiales magnéticos naturales en su práctica diaria.

La terapia magnética como la conocemos inició posterior a la segunda guerra mundial, en países como Japón y algunas regiones de Europa, durante los años de 1960-1985 la mayoría de los países europeos diseñaron y fabricaron sus propios sistemas magneto terapéuticos.² Esta terapia se basa en una combinación de frecuencia, intensidad y duración empleada para alterar la función celular y restaurar los ritmos celulares normales. Desde inicio de los años 80's los investigadores han encontrado que la terapia con campos magnéticos pulsados puede ser aplicada para acelerar el proceso de cicatrización, la consolidación de fracturas, la reducción de hematomas y para el tratamiento de la inflamación y lesión de tejidos blandos.^{3,4} De hecho, el primer libro sobre magnetoterapia, escrito por N. Todorov, fue publicado en Bulgaria en 1982, resume la experiencia de utilizar campos magnéticos para el tratamiento de 2700 pacientes, que padecen más de 33 diferentes patologías.²

En Latinoamérica el principal exponente de la terapia magnética es el Dr. Demetrio Sodi Pallares, médico cardiólogo mexicano autor del libro Magnetoterapia y Tratamiento Metabólico, quien introdujo la terapia magnética dentro del tratamiento metabólico por sus importantes efectos biológicos como: el aumento en la síntesis de ADN por parte de los fibroblastos, la estimulación de la bomba de sodio y potasio, la rápida reparación tisular ya que mejora las interacciones celulares y la circulación microvascular para mejorar la inflamación y el dolor, además también favorece el transporte del oxígeno a los sitios de mayor necesidad sistémica debido a su naturaleza paramagnética, entre otros efectos benéficos a nivel metabólico.⁵

Hoy en día es aceptado en la comunidad científica que la membrana celular es el principal objetivo de acción del campo magnético, ya que la membrana plasmática puede traducir una señal física en un estímulo químico que a su vez induce la actividad enzimática en las diferentes respuestas metabólicas. Existe evidencia que demuestra cómo los campos magnéticos son capaces de afectar las vías de señalización mediante la alteración de la unión y el transporte de iones donde el calcio es el principal ion comprometido en el efecto de los campos magnéticos.² Pero hay pocos estudios sobre el uso de los campos magnéticos pulsados de baja frecuencia en sujetos sanos.

Con respecto a la dosificación de los campos magnéticos pulsados, se evidencia que los estudios varían la intensidad y tiempo de aplicación, esto de acuerdo con el objetivo terapéutico que tenga el médico tratante. Ya que no se puede esperar que, por ejemplo, la dosis del campo magnético que tiene beneficios para las heridas superficiales, pueda ser igual de buena para el tratamiento de fracturas de difícil consolidación. Es por esto que a lo largo del tiempo los diferentes estudios han

empleado modelos teóricos y biofísicos para seleccionar la dosis óptima para garantizar los mejores resultados, generando avances en el diseño de estos equipos biomédicos y nuevas aplicaciones clínicas de la magnetoterapia. Entes reguladores internacionales como la FDA han aprobado el uso de múltiples dispositivos médicos empleados en esta terapia; sin embargo, pocos estudios comparan la dosis usadas para el tratamiento y los resultados clínicos; por este motivo no existe un consenso claro acerca de la dosis a emplear, incluso en algunos estudios han seleccionado las dosis de manera arbitraria, por experiencia clínica o por capacidad y disponibilidad del dispositivo biomédico a emplear.⁶

Gracias a los estudios realizados por el Dr. Pallares, exponente latinoamericano de la terapia magnética fueron creados y adaptados los protocolos de dosificación que en la actualidad son empleados y enseñados en la Fundación Universitaria Juan N Corpas, para el uso de campos magnéticos pulsantes de baja intensidad y ultra baja frecuencia en la cual se debe especificar claramente los siguientes parámetros:

1. **Intensidad:** Es fundamental, esta puede ser de 100-200 gauss
 - a. 200 gauss se encuentra indicada en: Cáncer, enfermedades autoinmunes, enfermedades neurodegenerativas y enfermedades metabólicas del hueso.
 - b. 100 gauss se indican en: demás patologías no mencionadas previamente.
2. **Frecuencia:** Esta es de ultra baja frecuencia con niveles entre 20-60 hertz
 - a. Baja < 40 hertz se utiliza para dolor e inflamación
 - b. Alta > 40 hertz se emplea con el fin de producir regeneración, estimulación celular, cicatrización
3. **Polaridad:** Se puede emplear alterno, de polo positivo o negativo
 - a. Positivo: Usos dolor, inflamación
 - b. Negativo: Uso regeneración, cicatrización
 - c. Alterno: Efecto combinado
4. **Extensión:** El campo magnético se puede emplear de forma general, manual o local
5. **Tiempo:** No se indica menos de 180 horas de tratamiento, aplicado 3-4 veces por semana, la sesión tiene una duración de 1 horas - 2 horas de duración.

Cabe resaltar que en la revisión realizada estos fueron los parámetros de dosificación encontrados por sesión:

Tabla 1. DOSIFICACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS

INTENSIDAD	FRECUENCIA	POLARIDAD	EXTENSIÓN	TIEMPO	REFERENCIA
100 uT	180-195 HZ	-	General	20 min	Wrobel M, et al.. Impact of Low-Frequency Pulsed Magnetic Fields on Defensin and CRP Concentrations in

					Patients with Painful Diabetic Polyneuropathy and in Healthy Subjects Electromagnetic Biology and Medicine. 2010
80%-100%	2-4 HZ	-	General	30 min	Gehan S et al Influence of pulsed electromagnetic field on dermatological symptoms of hyperandrogen in obese women with polycystic ovarian syndrome. Jour Clinic and Analytical Medicine 2018 9. 493-497. 10.4328/JCAM.5816.
-	27.12Mhz y pulsos de 1KHz	-	Local	30 min	Sorrell R, et al Evaluation of pulsed electromagnetic field therapy for the treatment of chronic postoperative pain following lumbar surgery: a pilot, double-blind, randomized, sham-controlled clinical trial. Journal of Pain Research. 2018;Volume 11:1209-1222.
6-282 uT	16 Hz		Local	7 min	Ziegler P, Nussler A, Wilbrand B, Falldorf K, Springer F, Fentz A et al. Pulsed Electromagnetic Field Therapy Improves Osseous Consolidation after High Tibial Osteotomy in Elderly Patients—A Randomized,

					Placebo-Controlled, Double-Blind Trial. Journal of Clinical Medicine. 2019;8(11):2008.
--	--	--	--	--	--

A pesar de lo anterior y de las variaciones en parámetros de dosificación empleadas, los beneficios clínicos de esta terapia son evidentes; y es por esto que la los campos magnéticos pulsados de baja frecuencia se han aplicado en el tratamiento de diferentes enfermedades, con el objetivo de aliviar el dolor, reducir la inflamación y mejorar los procesos de cicatrización. No obstante, se desconocen en profundidad los efectos de esta terapia en los sujetos que realizan el acompañamiento de los pacientes durante su terapia, como los trabajadores del área de la salud o si la exposición a la magnetoterapia podría tener efectos preventivos y benéficos en sujetos sanos. El presente estudio tiene como objetivo, determinar variaciones en las constantes vitales, medidas hematométricas, electrocardiográficas y de química sanguínea, con la exposición a un campo magnético en sujetos sanos. Adicionalmente presenta una revisión de literatura enfocada en los efectos de la terapia basada en campos magnéticos para patologías en las que se ha propuesto su utilidad

se realizó una revisión de la literatura de los principales efectos de la magnetoterapia en diferentes patologías y en sujetos sanos, se consultaron las bases de datos PUBMED, EBSCO, CLINICALKEY, DEOS, ACCES MEDICINA, con los términos *MeSH pulsed electromagnetic field therapy, healthy subjects, effects, effectiveness, vital signs, temperature, C reactive protein, glucose, blood count, electrocardiogram* y se determinó cuales eran los parámetros paraclínicos y de constantes vitales que presentaron alguna variación en estos estudios como se menciona a continuación.

PROTEÍNA C REACTIVA

Diferentes estudios demuestran los efectos antiinflamatorios de la magnetoterapia, generados principalmente por la disminución del edema y la resolución del daño endotelial.⁷ Pero cómo podemos medir la inflamación en los pacientes sometidos a los campos magnéticos de baja frecuencia. Uno de los marcadores bioquímicos más empleados en el estudio de los procesos inflamatorios en los pacientes sometidos a terapia magnética es la proteína C reactiva (PCR).

La PCR es un reactante de fase aguda y un importante regulador de la inflamación; empleado de manera frecuente en la práctica clínica, como método diagnóstico y de seguimiento de procesos inflamatorios e infecciosos, fue descubierta en el año de 1930 por William Tillett y Thomas Francis de la Universidad de Rockefeller.⁸ Esta proteína se sintetiza principalmente en los hepatocitos, pero también en las células del músculo liso, macrófagos, células endoteliales, adipocitos y linfocitos, para posteriormente ser liberada a nivel plasmático y su producción es regulada por las citoquinas especialmente la IL-6. La PCR es secretada en respuesta al estímulo inflamatorio, se une a los agentes patógenos y activa el complemento para mejorar la

opsonización y eliminación de elementos nocivos, incluso antes de la producción de IgM o IgG específicas. Dentro de las funciones de la PCR encontramos:

- Activa las células endoteliales para expresar las moléculas de adhesión, quemoquinas y citoquinas.
- Interactura con las células natural killers y monocitos incrementando su actividad
- Amplifica la respuesta inflamatoria y activa la vía del complemento
- Inhibe la producción de óxido nítrico
- Actividad anti y pro inflamatoria

Usualmente en sujetos sanos se encuentran niveles plasmáticos de esta proteína en concentraciones inferiores a los 10 mg/L o menores a 2 mg/L en el análisis de la proteína C reactiva de alta sensibilidad, esta proteína tiene una vida media de 19 horas siendo constante en todas las condiciones de salud o enfermedad. La PCR, se ha convertido en uno de los predictores independientes más relevantes de la enfermedad cardiovascular, ya que el aumento significativo en los niveles de PCR en los síndromes coronarios agudos, tiene un valor pronóstico en pacientes con complicaciones cardiovasculares y en individuos aparentemente sanos por el riesgo de desarrollar aterosclerosis.⁹ Cabe resaltar que los niveles de PCR pueden verse elevados en sujetos con sobrepeso y fumadores. Los estudios realizados para determinar las variaciones y la disminución de la PCR en pacientes sometidos a campos magnéticos pulsados son múltiples. Sin embargo, aún se desconocen los efectos de la magnetoterapia sobre los niveles de PCR en sujetos sanos. A continuación mencionaremos estudios encontrados sobre los niveles de PCR en sujetos sanos y la terapia magnética.

PROTEÍNA C REACTIVA Y CAMPOS MAGNÉTICOS PULSADOS

Un estudio aleatorizado, controlado con placebo doble ciego, realizado por el Departamento de Medicina Interna, Diabetología y Nefrología de la Universidad de Silesia, publicado en el año 2010 evaluó si el campo magnético influye en las concentraciones de PCR y defensinas en pacientes con polineuropatía diabética y en sujetos sanos. Se realizó el tratamiento con campos magnéticos pulsados de baja intensidad 100 uT, con pulsos de frecuencia de 180-195 HZ durante 15 días, con sesiones de 20 minutos y se realizó un seguimiento posterior de 2 semanas sin exposición. Los niveles de defensinas y la PCR fueron medidas antes, 3 semanas después de la exposición y al finalizar el estudio, posterior a 2 semanas de seguimiento. Los investigadores encontraron que en sujetos sanos no varió la PCR pero si los niveles de defensinas los cuales aumentaron $P < 0.002$ y no se vieron cambios significativos en los niveles de defensinas en los pacientes diabéticos. La PCR en el grupo de estudio disminuyó después de la exposición pero regresó a sus niveles iniciales a las 2 semanas.¹⁰ Es importante tener presente que en este estudio la intensidad empleada fue de tan solo 100 uT pero con una frecuencia elevada, distinto a lo usualmente sugerido en los otros artículos en relación a la dosificación, lo que podría generar modificaciones en los resultados de PCR y defensinas.

Otros estudios, como el publicado por el Journal of Clinical and Analytical Medicine ¹¹ publicado en el año 2018, el cual fue realizado para evaluar el efecto del campo electromagnético pulsado en los síntomas hiperandrogénicos en mujeres obesas con síndrome de ovario poliquístico (SOP), muestra cómo fueron evaluadas 30 mujeres voluntarias con obesidad y SOP entre los 20 a 30 años de edad, con IMC entre 30 y 34.9, la población estudio fue dividida al azar en dos grupos iguales; grupo A, que recibió PMF tres veces por semana y dieta controlada durante 12 semanas, y el grupo B, que recibió sólo la dieta de control. Todas las mujeres seleccionadas en ambos grupos se sometieron a las siguientes evaluaciones antes de comenzar y al finalizar el estudio:

- Mediciones de peso y talla
- Ensayos bioquímicos: se tomaron muestras de sangre para medir los niveles de la mujer en circulación LH, FSH y PCR
- Evaluación de los síntomas de exceso de andrógenos: fue evaluado por el mismo dermatólogo especializado.

Con cada mujer del grupo A se emplearon campos magnéticos locales en el cuadrante lateral inferior del abdomen. La sesión de tratamiento fue de 30 minutos divididos de la siguiente manera; 5 minutos con una frecuencia de 2 Hz y una intensidad del 90%, luego de 15 minutos con una frecuencia de 4 Hz y una intensidad del 100% y finalmente con una frecuencia aleatoria de 10 minutos y una intensidad del 80%. El resultado del estudio demostró reducciones significativas ($p < 0.05$) en el peso, la PCR, relación LH / FSH, la escala de hirsutismo y la escala de acné en la condición posterior al tratamiento en comparación con el tratamiento previo en ambos grupos. De acuerdo con lo anterior el presente estudio reveló que el campo electromagnético pulsado es eficaz para disminuir los síntomas del hiperandrogenismo y mejorar la fertilidad al mejorar las variables, mencionadas. Sin embargo, igual que en el estudio anterior no son muy claros con los parámetros de dosificación, la intensidad es descrita en porcentaje no en microtesla o gauss como se esperaría encontrar.

Un ensayo clínico publicado por el Journal of Pain Research en 2018 ¹¹, nos muestra los resultados de un reciente estudio piloto, que utilizó PMF para el tratamiento del dolor en el síndrome de cirugía de espalda fallida, donde encontraron mejoras clínicamente significativas en un subconjunto de sujetos. Como seguimiento de este estudio, el estudio actual fue diseñado para examinar el efecto del tratamiento con PMF en un estudio multicéntrico, aleatorizado, con control simulado, doble ciego en pacientes con dolor crónico después de una cirugía lumbar. La hipótesis era que la dosis de 42 μ s era superior al control simulado. La dosis de 38 μ s fue exploratoria para examinar si las observaciones de laboratorio preliminares con esta dosis se asociarían con efectos clínicos. Para el desarrollo de este ensayo clínico fueron seleccionados 36 sujetos con dolor persistente en la parte baja de la espalda y / o en la pierna después de la cirugía lumbar, los sujetos fueron aleatorizados (1: 1: 1) para recibir una de dos dosis de terapia (42 μ s o 38 μ s de ancho de pulso) o tratamiento con un dispositivo simulado. Los sujetos se auto trataron dos veces al día durante 60 días durante 30 minutos. El criterio de valoración principal fue el cambio en la intensidad del dolor, utilizando la Escala Numérica de Clasificación del Dolor entre la línea de base promedio (Días 5 a 1) y el final del tratamiento (Días 56–60) para el dolor lumbar y de la pierna. Las medidas de resultado secundarias incluyeron el Índice de discapacidad de Oswestry, PCR de alta sensibilidad, el Inventario de depresión de Beck-II, la Impresión global de cambio del paciente y el consumo de analgésicos.

Los resultados obtenidos fueron:

- Puntuaciones de dolor lumbar para el grupo de 42 μ s disminuyeron un 40,2% ($p = 0,028$), en comparación con el 18,6% para el grupo de ancho de pulso de 38 μ s ($p = 0,037$) y un 25,6% para el grupo simulado ($p = 0.013$ por protocolo de población).
- Puntuaciones promedio de dolor en las piernas disminuyeron en un 45.0% (42 μ s, $p = 0.009$), 17.0% (38 μ s, $p = 0.293$) y 24.5% (simulado, $p = 0.065$).
- La proporción de sujetos que respondieron a la terapia, el tiempo hasta la reducción del 30% en las puntuaciones de dolor y la Impresión global del cambio del paciente mejoraron con el dispositivo PEMF de 42 μ s sobre el control simulado, aunque los resultados se asociaron con valores de $p > 0,05$.

Para controlar los posibles efectos de los PMF sobre la inflamación, se evaluaron los niveles del marcador inflamatorio de **PCR de alta sensibilidad basal** y en el día 61 después de finalizar el tratamiento, encontrando los siguientes resultados secundarios:

- Para el grupo de 42 μ s, el nivel medio de PCR de alta sensibilidad fue más bajo en el día 61 en comparación con el valor inicial, mientras que, por el contrario, los niveles medios de PCR de alta sensibilidad para los grupos simulados y de 38 μ s fueron más altos en el día 61 en comparación con el valor inicial, aunque las diferencias entre los grupos se asociaron con $p > 0.05$.
- En el día 60, el 75% de los sujetos en el grupo de 42 μ s informaron algún nivel de mejora basado en los datos recopilados utilizando el cuestionario, mientras que el 58.2% y 44.4% de los sujetos del grupo simulado y de 38 μ s, respectivamente, informaron cierto nivel de mejora.
- Con respecto al uso de analgésicos, todos los grupos mostraron disminuciones menores en el uso de analgésicos. Para el grupo simulado, la disminución media en el recuento de pastillas en los días 56-60 fue -0.67 ± 1.38 , $n = 12$. Para los grupos de pulso de 38 μ s y 42 μ s, la disminución en el recuento de pastillas fue -0.34 ± 0.80 , $n = 13$ y 1.06 ± 1.13 , $n = 9$, respectivamente.

De acuerdo con lo anterior los autores concluyeron que la terapia con PMF (ancho de pulso de 42 μ s) se asoció con una reducción del dolor, en comparación con el tratamiento simulado. Los puntos finales secundarios fueron consistentes con un efecto beneficioso general del dispositivo de ancho de pulso PMF de 42 μ s.¹²

En este estudio el dispositivo empleado para la aplicación de los PMF, fue un sistema denominado PROVET, aprobado por la FDA, el cual tiene una frecuencia de operación de 27.12Mhz y emite 1KHz de frecuencia durante 42 - 38 μ s durante el tratamiento, emitiendo así grandes frecuencias a diferencia de las empleadas usualmente, se desconoce la intensidad y la polaridad del tratamiento usado.

Estos estudios evidencian cómo pueden existir variaciones en los niveles de PCR con el uso de campos magnéticos pulsados, por lo tanto podemos decir que la PCR es un marcador usado para evaluar la efectividad de los PMF, este marcador suele disminuir en los pacientes con procesos inflamatorios, pero no hay estudios suficientes en sujetos sanos, solo se encontró un estudio de PCR y PMF en sujetos sanos donde no hubo modificación de los niveles de este marcador, sin embargo los parámetros de dosificación son muy diferentes a los empleados en la Fundación Universitaria Juan N Corpas.

Existen estudios que han demostrado que los niveles de PCR de alta sensibilidad se han visto aumentados en sujetos sanos.¹³ Como mencionamos previamente niveles elevados de PCR se han visto asociados a enfermedad cardiovascular y aterosclerosis,^{14,15} es por esto que este marcador tiene gran importancia como predictor de enfermedad y considerando la posibilidad de variabilidad incluso estando en límites normales con el uso de los PMF, esto podría presentar beneficios para la salud del sujeto.

SIGNOS VITALES

Otras de las variables cuantificables en los pacientes sometidos a campos magnéticos pulsados, son los signos vitales. El proceso de búsqueda arrojó xx estudios en los que se evaluaron variaciones en estos parámetros clínicos, antes de revisarlos es importante recordar los valores normales de los signos vitales encontrados en los adultos sanos como se menciona a continuación:

- **Presión arterial:** Fuerza que ejerce la sangre que circula contra las paredes de las arterias.

Tabla 2. Valores de referencia de PA según la Sociedad Europea de Cardiología y del Colegio Americano de Cardiología

Guía de HTA 2018 Sociedad Europea de Cardiología	Guía de HTA 2017 Colegio Americano de Cardiología
HTA definida como PA \geq 140/90 mmHg	HTA definida como PA \geq 130/80 mmHg
Clasificación de PA: -PA óptima: <120/80 mmHg -PA normal: 120-129 y/o 80-84 mmHg -PA normal alta: 130-139 y/o 85-89 mmHg -HTA grado 1: 140-159 y/o 90-99 mmHg -HTA grado 2: 160-179 y/o 100-109 mmHg -HTA grado 3: 180 y/o 110 mmHg HTA sistólica aislada: \geq 140 y <90 mmHg	Clasificación de PA: -PA normal: <120/80 mmHg -PA alta: 120-129 y <80 mmHg -HTA estadio 1: 130-139 y 80-89 mmHg -HTA estadio 2: \geq 140 o \geq 90 mmHg

- **Frecuencia cardiaca:** Es el número de veces que el corazón late durante cierto periodo, por lo general un minuto. La FC normal oscila entre 60-100 latidos por minuto.
- **Frecuencia respiratoria:** Número de ciclos respiratorios que ocurren por minuto, es decir, número de inspiraciones seguidas de una espiración que se pueden contar en un minuto. Lo habitual es que esté en torno a 12-16 respiraciones por minuto

- **Temperatura:** Parámetro indicativo del contenido calorífico de una sustancia o cuerpo. A mayor contenido calorífico mayor temperatura. La temperatura se mide en grados centígrados (o grados Celsius) y en grado Fahrenheit.

SIGNOS VITALES Y CAMPOS MAGNÉTICOS PULSADOS

Se realizó la revisión de un estudio cuyo objetivo era comparar los cambios en la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial (PA) asociados con la exposición a corto plazo a campos magnéticos estáticos (SMF) de polaridad positiva versus negativa. Se llevó a cabo un ensayo controlado aleatorio doble ciego con un diseño de series de tiempo, realizado en 65 adultos con una edad media de 30,6 años, que fueron asignados a uno de los tres grupos de tratamiento. Ningún sujeto tenía síntomas de enfermedad cardiovascular o irregularidad cardíaca.

El estudio se realizó con la exposición de quince minutos a un SMF al acostarse sobre un colchón que contiene imanes de polaridad positiva, polaridad negativa o ninguno (placebo). La FC y la PA se monitorizaron antes de la exposición, a intervalos de 1 minuto, 5 minutos, 10 minutos y 15 minutos después de la exposición, y nuevamente 5 minutos después de la exposición. Los sujetos en todos los grupos demostraron una ligera disminución en la FC y la PA, pero ninguno de estos cambios se asoció con la intervención. Se concluye que la exposición a corto plazo a un SMF de polaridad positiva o negativa no parece causar cambios clínicamente significativos en la FC o la PA entre los sujetos asintomáticos. Este hallazgo respalda el uso seguro de SMF unipolares que contienen imanes de baja intensidad (<1000 gauss) en relación con el sistema cardiovascular.

Un estudio realizado bajo la pregunta de si los pulsos de campos electromagnéticos (PEMF) pueden afectar el ritmo cardíaco, investigó sobre los efectos a nivel del sistema cardiocirculatorio en tratamiento con ELF-PEMF, empleando una unidad de terapia magnética disponible comercialmente, que se usa en terapias para lesiones de tejidos blandos en los seres humanos. El seguimiento de la FC o HRV se puede detectar a partir de los cambios en la periodicidad del intervalo RR y/o de los cambios en el número de latidos del corazón/min (bpm). Sin embargo, el análisis del intervalo RR da solamente una visión cuantitativa en la HRV. Un entendimiento cualitativo de HRV se puede obtener teniendo en cuenta la densidad de potencia espectral (PSD) de los intervalos RR en la transformación de Fourier. En este estudio PSD es la herramienta de investigación utilizada, más específicamente la relación entre la LF del PSD y HF (LF / HF), que es un indicador del equilibrio simpático-vagal. Para obtener el valor PSD, las variaciones de los intervalos de tiempo RR se evaluaron a partir de un ECG continuamente grabado. El resultado muestra una HRV que cambia solo en presencia de ELF-PEMF de LF en todos los sujetos que están expuestos. Esta variación puede ser detectada observando el cambio en el equilibrio simpático-vagal, que es un indicador de la modulación de la actividad del corazón. Variaciones de la relación LF / HF PSD se producen principalmente en los tiempos de transición de la exposición a no exposición, o viceversa. También son de interés los resultados obtenidos durante la exposición de un sujeto a una gama de diferentes ELF-PEMF. Este estudio piloto sugiere que una investigación completa sobre el efecto de ELF-PEMF sobre el sistema cardiovascular está justificada.

El objetivo del estudio de Cemil Sert, fue investigar FC, la HRV y otros parámetros cardíacos en individuos que estuvieron expuestos a un campo magnético estático alto. Se incluyeron 30 voluntarios sanos, hombres de entre 20 y 30 años. La búsqueda se dividió en tres fases: campo pre-magnético, durante el campo magnético y campo post-magnético. Cada fase duró 30 minutos. Se midieron FC, presión arterial sistólica y diastólica, frecuencia respiratoria y electrocardiografía (ECG), registrados durante 30 minutos, en todos los individuos se midieron durante tres fases. Los hombres fueron expuestos a un campo magnético estático de 1.5 T y fueron investigados los niveles de Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻, CK-MB, troponina-I, FC y HRV. Hubo un aumento en la frecuencia respiratoria, y no hubo cambios en la presión arterial sistólica y diastólica y el pulso en las personas expuestas al campo magnético. También hubo una mejora en los valores de iones, CK-MB y troponina-I después de la exposición al campo magnético. Los parámetros de frecuencia cardíaca (FC mínima, FC máxima, FC promedio) disminuyeron y los valores de rMSSD, pNN50, potencia, VLF, HF, LF aumentaron durante el campo magnético.

Durante la exposición, los voluntarios se mantuvieron en el entorno de resonancia magnética durante 30 minutos en posición supina sin moverse. Durante este período, el dispositivo de MRI se apagó para excluir el pulso de radiofrecuencia (RF) y el campo de gradiente magnético pulsado en el entorno. Los voluntarios solo estuvieron expuestos a un campo magnético estático de 1.5 T (General Electric, Signa Excite, Milwaukee, EE. UU.).

De acuerdo con los resultados del análisis previo y posterior a la exposición, hubo una disminución insignificante en la presión arterial sistólica y diastólica ($p > 0.05$), una disminución estadística en el número de respiración ($p < 0.05$) y una disminución en el pulso, pero en el límite ($p = 0.05$)

En el período posterior a la exposición, se observó un aumento significativo en los valores de Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Cl⁻ y troponina-I en comparación con los valores previos a la exposición ($p < 0.01$, $p < 0.05$). El cambio en CK-MB estaba en el límite superior ($p = 0.049$)

Los valores de FC, FC mínima, FC máxima FC promedio de los individuos disminuyeron significativamente durante la exposición en comparación con el período de preexposición ($p < 0.05$). No se encontró un aumento significativo posterior a la exposición en comparación con las mediciones registradas durante la exposición ($p < 0.05$) y no se encontró ningún cambio entre los valores previos a la exposición y posteriores a la exposición ($p > 0.05$).

Según estos hallazgos, se observó que los parámetros de FC disminuían con la exposición; volvieron a la normalidad en el período posterior a la exposición; los parámetros de HRV basados en el tiempo y la frecuencia aumentaron con la exposición y volvieron a la normalidad dentro del período posterior a la exposición.

Estudios recientes que examinan los efectos biológicos y las aplicaciones médicas que involucran campos electromagnéticos, revisaron las propiedades de los campos electromagnéticos estáticos y pulsados que afectan los sistemas biológicos, se describe el uso de un campo electromagnético pulsado en combinación con un agente anticancerígeno como ejemplo de una aplicación médica que incorpora un campo electromagnético, y la discusión de las pautas de seguridad actualizadas

recientemente para campos electromagnéticos estáticos. Las modificaciones más notables a las pautas de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante de 2009 son los límites de exposición aumentados, especialmente para quienes trabajan con o cerca de campos electromagnéticos (límites de exposición ocupacional). Los aumentos recomendados en la exposición se determinaron utilizando evidencia científica reciente obtenida de estudios en animales y humanos. Varios estudios desde la publicación de 1994 de las directrices han examinado los efectos en humanos después de la exposición a campos electromagnéticos estáticos altos (hasta 9,4 teslas), pero se necesita investigación adicional para determinar aún más la seguridad de los campos electromagnéticos fuertes.

ELECTROCARDIOGRAMA

Adicionalmente los campos magnéticos se han utilizado como coadyuvantes de varias patologías cardíacas, su efecto podría derivarse de su acción sobre la orientación molecular en paralelo de las proteínas de membrana encontrado en las fibras musculares, acción derivada de la estructura proteica en los tejidos paramagnéticos (anisotropía magnética, particularmente a nivel de las ligaduras peptídicas). Esta orientación facilita los movimientos iónicos a través de la membrana celular, explicando la polarización de la misma observada a través del electrocardiograma. Igualmente para una adecuada polarización de la membrana celular es necesario un buen funcionamiento de la bomba de sodio que es Na-K-ATPasa dependiente, cuya actividad estaría aumentada por exposición a los campos magnéticos pulsantes. Esta última ha sido evidenciada por aumento en la salida de sodio en eritrocitos humanos y de calcio iónico por el modelo competitivo entre H⁺ y Ca⁺⁺ en la superficie de la membrana celular. ⁶

La posible explicación para el efecto de los campos magnéticos en estas patologías, podría ser la interacción oxígeno-substrato, que explica cómo este elemento se acumula en aquellos sitios en donde la intensidad del campo magnético es mayor, independiente de que éste sea estacionario o pulsante. La acción se debe a una migración alineada sobre el oxígeno disuelto en el líquido, causando un cambio de concentración dentro de la célula, beneficiando a los tejidos isquémicos con escasa circulación arterial. ⁶ Se puede considerar como un reflejo del potencial de acción de membrana, que resulta de los movimientos iónicos y de sus potenciales electroquímicos. De esta manera da una gran información sobre el metabolismo de la fibra muscular cardíaca. Representa de forma gráfica la actividad eléctrica del corazón, que genera una serie de ondas e intervalos, que identifican distintos momentos de esta activación. ¹⁶

Ondas

- **Onda P:** Representa la despolarización auricular y se considera que es normal cuando su duración $\leq 0,12$ seg, su amplitud $\leq 2,5$ mm y tiene origen en el nodo sinusal. Se considerará que tiene este origen cuando sea una onda positiva en las derivaciones de la cara inferior y negativa en aVR.

- **Complejo QRS:** Representa la despolarización ventricular. Mide de 0,06 a 0,10 seg.
 - Q: Primera onda negativa antes de la primera onda positiva.
 - R: Toda onda positiva.
 - S: Onda negativa después de una onda positiva.
- **Onda T:** Es la repolarización ventricular. Positiva en todas las derivaciones excepto en aVR y a veces en V1 anchura de 0,10 s a 0,25 s (2.5 mm de ancho) y amplitud máxima de 0.25 mV (2.5 mm de alto).
- **Onda U:** Pequeña deflexión que, en alguna ocasión, aparece siguiendo a la T. Mide < 1 mm y su significado no se conoce. ¹⁶

Intervalos

- **Intervalo PR:** Desde inicio de la P al inicio del QRS. Su duración normal es de 0,12-0,20 seg, y representa el tiempo que tarda el estímulo desde que activa las aurículas hasta que empieza a despolarizar los ventrículos.
- **Intervalo QT:** Desde el inicio del QRS al final de la T. Mide el tiempo de despolarización y repolarización ventricular, es proporcional a la frecuencia cardíaca, de forma que disminuye al aumentar la frecuencia cardíaca, por ser más rápida la repolarización. El QT se corrige para una frecuencia cardíaca (QTc), calculandose con la fórmula de Bazett: $QTc = QT \text{ medido} / \sqrt{RR}$ previo.
- **Intervalo ST:** Desde el final del QRS hasta el inicio de la onda T. En un ECG normal es isoelectrico.
- **Complejo QRS:** desde el inicio hasta el final del QRS y dura normalmente de 0,06 a 0,10 segundos. El complejo QRS nos da información sobre la despolarización ventricular. Sus distintas ondas (Q, R y S) tendrán distinto tamaño en función de las características de los distintos vectores eléctricos generados por el músculo cardíaco y del trayecto recorrido a lo largo del sistema de conducción, o fuera de éste, a través del músculo cardíaco. La anchura normal del complejo QRS es < 0,12 mseg, y esto corresponde a un complejo generado a nivel supraventricular y que alcanza los ventrículos y los despolariza a través de un sistema de conducción (haz de His y sus ramas) que se encuentra íntegro. ¹⁶

Eje eléctrico

El QRS tiene una serie de ondas que pueden ser positivas o negativas y esto viene definido por la dirección que tienen los vectores eléctricos del corazón. Cuando el vector se dirige hacia una derivación, el QRS será tanto más positivo cuanto más directamente se dirija el vector a dicha derivación. El QRS será más negativo cuanto más directamente se aleje el vector de esa derivación. Los distintos vectores que se producen con la activación cardíaca dan lugar a un solo vector que se conoce como eje eléctrico del corazón y que se puede calcular con las derivaciones del plano frontal. El eje normal se sitúa entre los 0° y los +90°. Si se sitúa entre los 0° y los -90° está desviado a la izquierda y si se sitúa entre los +90° y los 180° estará desviado a la derecha. Entre -90° y 180° el eje se considera indeterminado. ¹⁶

ELECTROCARDIOGRAMA Y CAMPOS MAGNÉTICOS PULSADOS

Los estudios realizados sobre los posibles cambios en los parámetros del electrocardiograma de sujetos sanos, expuestos a campos magnéticos; varían en su

complejidad. Abarcan desde un estudio donde se tuvo como objetivo estimar la influencia de la duración del uso del teléfono móvil en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), en individuos sanos, publicado en *Anatol J Cardiol.* durante el año 2017, que concluyó que puede afectar el equilibrio autonómico e inducir cambios de HRV a largo plazo. En el mismo no se observaron arritmias significativas en ninguno de los grupos según la duración del uso del teléfono móvil: no uso del teléfono móvil (grupo de control), <30 min / día (Grupo 1), 30-60 min / día (Grupo 2) y > 60 min / día (Grupo 3).¹⁷

Se revisó un estudio realizado por Lawrence Berkeley National Laboratory en 1979, que describe los cambios en el electrocardiograma y en la frecuencia respiratoria de un grupo de ratas y perros expuestos a campos magnéticos de corriente continua (aquella que fluye en una sola dirección y en la cual el campo magnético es estable), donde se anota que pueden utilizarse de 0.5 a 22000 gauss evaluando el comportamiento cardiovascular en función de la fuerza del campo electromagnético. Cada animal de prueba fue colocado entre los polos de un imán, en una posición que localiza su corazón en el centro del campo magnético; lo que evidenció que la orientación del sujeto de experimentación frente al campo magnético incide en los cambios cardiovasculares.¹⁸

El ECG fue tomado con agujas de platino pegadas al animal, antes, durante y después de la exposición al campo magnético.

- El intervalo entre las ondas R permitió determinar la frecuencia cardíaca.
- La frecuencia respiratoria fue medida desde la línea de base del trazado electrocardiográfico.
- Las amplitudes de las ondas P, Q, R, S, T y el intervalo P-Q fueron tomados de los registros electrocardiográficos.

El mayor cambio observado fue el aumento en la amplitud de la onda T, ya observado por Beisher y Knepton en monos, quienes aplicándoles 70000 gauss presentaron un incremento del 80% en la amplitud de la onda. En este estudio la amplitud de la onda T en las ratas se incrementó en 450% con 20000 gauss y en los perros en un 750% con campos magnéticos de 16000 gauss. Efecto que es reversible, y cifra que no estaba descrita en la literatura hasta ese momento para estas especies. El experimento fue diseñado para determinar la mínima fuerza magnética con la que se produjera un aumento de la onda T, es decir el mínimo número de gauss, que pudiera producir un cambio medible en la amplitud de la onda T (MTS: magnetic strength threshold). Esta medida es 3 kgauss para las ratas y 0.9 kgauss (850 gauss) para los perros, determinados en 12 ratas y 2 perros.

En 8 ratas recién nacidas (de 3 a 7 días de edad) el incremento de la onda T fue mayor, cuando las líneas del campo magnético, fueron perpendiculares a lo largo del esqueleto y menor cuando fueron paralelas.

Por lo tanto concluyeron que la orientación del sujeto en el campo magnético incide sobre el trazado electrocardiográfico. La onda P y el complejo QRS no presentaron ningún cambio por la exposición a los campos magnéticos. La FC de las ratas fue inicialmente de 360 latidos/minuto y cuando la intensidad de la exposición al campo magnético fue de 3 Kgauss, aumentó a 403.6 latidos/ minuto (incremento de 12.1% sobre el valor basal). Con el incremento de la intensidad a 20 kgauss, la FC aumentó a 404 latidos/minuto. Cuando se retiró el campo magnético descendió a 370

latidos/minuto (3% por encima de los valores iniciales). La Frecuencia respiratoria para las ratas fue inicialmente de 92.7 respiraciones/min, hasta cuando la intensidad del campo magnético llegó a 10 kgauss. Al incrementarse entre 12 y 20 kgauss, aumentó un 17.7% a 109.1 respiraciones/min, en 22 kgauss fue de 98.2 respiraciones/min (aumento del 5.9%). La pérdida del patrón regular del ciclo respiratorio que se observó con una intensidad entre 20 y 22 kgauss, es fácilmente evidenciable en el trazado electrocardiográfico, mientras que el resto de variaciones se evidencian como sutiles cambios. Un minuto después del retiro de los campos magnéticos la FR, permaneció en valores por encima del 5% de los determinados antes de dicha exposición: logrando el retorno a los valores pre-exposición tanto de la FR como de la FC entre 3 a 4 minutos posterior al retiro de la exposición al campo magnético.¹⁸

La oficina de información científica y técnica del departamento de Energía de los Estados Unidos, publicó un estudio realizado en 1981 en la Universidad de California Berkeley, publicado en la revista *Electromagnetics*; corroborando los hallazgos del anterior, observando un aumento de la amplitud de la onda T, dependiente de la intensidad de la exposición a campos magnéticos estacionarios en ratas. El promedio del aumento fue de 408% en un campo de 2 tesla, detectando el cambio en un nivel mínimo de 0.3 tesla. El aumento ocurrió instantáneamente a la exposición siendo reversible inmediatamente. La exposición fue continua durante 5 hrs, las ratas se observaron hasta 3 semanas después, no hubo variación en la FC ni en la FR.¹⁹

Se revisó la publicación de un estudio ciego simple, publicado en noviembre de 2016 en *International Journal of Environmental Research and Public Health*, sobre los efectos de campos electromagnéticos pulsados, no estacionarios o continuos, de frecuencia extremadamente baja en el electrocardiograma de humanos sanos.²⁰

El estudio se realizó en 22 voluntarios sanos antes y después de una exposición corta a dichos campos. El valor de la media de la raíz cuadrada (RMS) de los datos registrados se consideró como criterio de comparación. Se midieron y analizaron los tiempos de 4 intervalos del ECG, antes y después de la exposición a los campos. Se obtuvo como resultado, que el valor de RMS en el nivel de voltaje del ECG, del 81.8% de la población (18 pacientes) aumentó en promedio 3.72%. El incremento en el nivel del voltaje del ECG, se verificó con un segundo protocolo, con una exposición de control. El grupo de control siguió los mismos procedimientos experimentales con una exposición simulada para investigar si el cambio observado se debía a la exposición o al descanso a lo largo del tiempo. Esto demuestra que una corta exposición a estos campos magnéticos afecta las propiedades de la señal electrocardiográfica, aunque se requieren más estudios para consolidar este hallazgo y descubrir más sobre los efectos biológicos de ELF-PEMF en los procesos fisiológicos humanos.²⁰

Este mismo grupo investigador, en las últimas décadas, ha estudiado los efectos terapéuticos beneficiosos de determinados campos electromagnéticos (CEM) no ionizantes de baja intensidad en insomnio, reparación ósea acelerada, reducción del dolor, sensibilidad dental y el dolor cutáneo. Los estudios también han demostrado que la radiación ELF-PEMF facilita el proceso de reparación de las heridas.

Dentro del mismo, los autores hacen referencia a otro estudio en el que se produjo una disminución significativa de la frecuencia cardíaca en el grupo expuesto al campo combinado de 9 kV / m, 20 μ T. Varios estudios han informado sobre la influencia de la exposición a ELF-PEMF en las señales del ECG. Los ejemplos de estos estudios incluyen el efecto ELF-PEMF en las alteraciones de la HRV, la frecuencia baja (LF) y la relación de alta frecuencia (HF), el efecto por la exposición a 16 Hz / 28.3 μ T MF sobre la HRV, el efecto en una exposición intermitente de 16.7 Hz MF sobre la frecuencia cardíaca (HR), y el efecto en los parámetros de intervalo de tiempo derivados de la onda del ECG, como la duración de las ondas P y QRS, la duración de intervalos PR y QT, y QT corregido (QTc).

Del mismo modo el artículo referencia los hallazgos de Graham et al. quienes estudiaron las circunstancias de exposición específicas en las que se producirían cambios en la HRV. Durante la exposición a un campo de intensidad mucho más alta (densidad de flujo resultante = 127.3 μ T), se midió el control autonómico cardíaco; en tres condiciones de prueba relevantes (exposición de campo intermitente y continua, durante una exposición sin exposición y una condición de control), y posteriormente se compararon los valores de la HRV medidos de la misma persona. Concluyeron que la exposición a fuertes campos magnéticos de ELF no altera los mecanismos de control autonómico cardíaco.

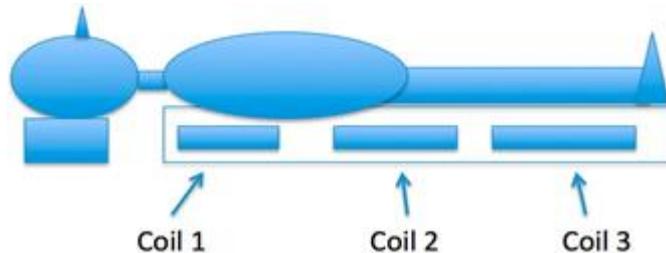
Finalmente anotan el hallazgo de un estudio adicional que informó que la radiofrecuencia de los teléfonos celulares, prolongó el intervalo QT en humanos con o sin cardiopatía isquémica e interfirió con la propiedad de voltaje de los registros de ECG en pacientes masculinos con isquemia miocárdica.

El objetivo fue investigar si había alteraciones en el ECG debido a la exposición a ELF-PEMF. Inicialmente, se midieron y compararon los valores de la media cuadrática (RMS) de la señal de ECG. Además, algunos de los intervalos de ECG (PR, RT, QT y RR) antes y después de la exposición al EMF. Luego, usaron el enfoque de tiempo-frecuencia con los núcleos de suavizado óptimos (HTD) en el análisis de señales de ECG para verificar el cambio en los intervalos de tiempo de ECG. Todos los participantes eran diestros y sanos, sin ningún trastorno médico o psiquiátrico. No estaban tomando ningún medicamento que pudiera afectar las actividades mentales o neurales. Otros 11 voluntarios participaron en una exposición de control en la que no se aplicó ELF-PEMF a los participantes, para verificar la validez del protocolo experimental.

El sistema de generación ELF-PEMF, que es un tapete de espuma rectangular de 1.5 m \times 0.9 m con una cubierta de plástico, tiene tres pares de bobinas de diferentes tamaños incrustadas en el interior (Figura 1). El sistema tiene la flexibilidad de seleccionar diferentes frecuencias e intensidades. La investigación eligió la configuración de los campos ELF-PEMF para que las bobinas superior, media e inferior de la placa fueran 2,33 μ T, 5.235 μ T y 6.45 μ T, respectivamente, con una frecuencia de operación de 16 Hz. En este escenario, el efecto de los campos electromagnéticos para las bobinas superior, media e inferior disminuyó a 15 cm, 30 cm y 32 cm, respectivamente. Estas distancias se midieron desde el centro de cada bobina sobre el tapete donde se encontraba el sujeto. El sujeto se acostó boca arriba con su cuerpo sobre la colchoneta. La espalda está sobre la bobina con intensidad baja (2.33 μ T), la cintura se encuentra sobre la bobina con mediana Intensidad (5.235

μT), mientras que las piernas descansan sobre la bobina con mayor intensidad ($6.45 \mu\text{T}$).

Figura 1. Configuración de la exposición. El sujeto se acuesta boca arriba sobre la colchoneta con el pecho sobre la Bobina 1 ($2.33 \mu\text{T}$), la cintura sobre la Bobina 2 ($5.235 \mu\text{T}$) y las piernas sobre la Bobina 3 ($6.45 \mu\text{T}$).



Aunque las derivaciones I, II y III a menudo se usan simultáneamente para monitorear múltiples regiones del corazón, se eligió la derivación I para este estudio porque se usa con más frecuencia para la monitorización cardíaca. Además, para comparar los intervalos de tiempo de ECG. Se seleccionaron cuatro intervalos de tiempo del ECG, PR, RT, QT y RR, para investigar más a fondo si las señales de ECG podrían alterarse cuando se exponen a ELF-PEMF.

Para este estudio, se consideraron dos protocolos de grabación. En el primer protocolo (protocolo-1), se pidió al participante que se relajara y se tumbara de espaldas durante cinco minutos. Luego, se aplicó por 10 minutos un ELF-PEMF al participante, después de lo cual se tomó un registro de 30 s de la señal de ECG. La grabación de datos se realizó en una habitación oscura a 20°C , dentro de una jaula de Faraday ($1.95 \times 1.83 \times 2.67 \text{ m}$) para proteger a los sujetos del campo eléctrico de 50 Hz. Los experimentos se realizaron entre semana (excluyendo los fines de semana) entre las 10 a.m. y las 4 p.m. Las mediciones de 30 s de duración para la señal de ECG se tomaron inmediatamente después de la exposición. El experimento se realizó bajo condiciones de ciego simple. El segundo protocolo (protocolo-2) se llevó a cabo para verificar la validez del primer protocolo (protocolo-1). En el segundo protocolo, solo se midió el ECG y no hubo exposición a ELF-PEMF.

Los participantes se asignaron al azar para el grupo experimental y el grupo de control; los procedimientos de análisis y el software relacionado se prepararon de antemano; y el experimento se llevó a cabo con 3 investigadores presentes, donde no se dio ninguna pista a los participantes en cuanto a si estaban sujetos al experimento o no.

Los valores RMS de los sujetos del ECG se calcularon mientras se medían los intervalos de tiempo seleccionados de ECG. El valor RMS se usa comúnmente para medir la amplitud de señales biológicas. La amplitud de una señal biológica expresa la magnitud de la energía o potencia de esa señal. La medición de RMS en diferentes condiciones que afectan a un sistema biológico puede dar un índice de los cambios relacionados con ese efecto en particular.

Se registraron treinta segundos de datos de ECG de plomo-I sin artefactos de cada participante (un total de 22 participantes) según el protocolo 1 y el protocolo 2, respectivamente. Los valores de RMS, el análisis de intervalo de tiempo y las técnicas de análisis de frecuencia de tiempo se consideraron para el conjunto de datos de ECG del protocolo-1. El análisis RMS también se usó para el conjunto de datos registrados con el protocolo 2 para validar el hallazgo en el protocolo 1.

Además, los intervalos de tiempo de PR, RT, QT y RR antes y después de la exposición se midieron y compararon con los datos adquiridos del grupo experimental.

El valor medio de RMS de todos los participantes del ECG después de la exposición se incrementó en 0.0025 voltios y la media de la tasa de cambio es de 3.72%. Se realizó una prueba t pareada para analizar estadísticamente si hubo diferencias significativas entre el RMS antes y después de la exposición a EMF. los valores de p se consideran significativos a menos de 0.05.

A partir del análisis de los valores de RMS del ECG para todos los participantes, los resultados mostraron que hay un pequeño incremento en el nivel de RMS para la mayoría de los participantes. Dieciocho participantes de un total de 22 muestran incrementos experimentados en su RMS después de la exposición a EMF. El análisis de la prueba t para el nivel promedio de RMS del ECG indica que hubo niveles estadísticamente significativos de diferencia en el ECG, antes y después de la exposición a ELF-EMF. Estos resultados se pueden ver en la derivación I del ECG, donde $p = 0,0030$ ($p < 0,05$). El intervalo de confianza del 95% de este resultado significativo sugirió que hubo un aumento en el potencial medio de ECG después de la exposición. El análisis RMS de los datos del ECG en el protocolo 2 se realizó para verificar si el cambio se debió a la exposición de los campos electromagnéticos del pulso de frecuencia extremadamente baja (ELF-PEMF) o al descanso del participante a lo largo del tiempo. los valores de RMS para todos los participantes disminuyeron con el tiempo. La RMS media de todos los ECG de los participantes después de 15 minutos de descanso bajo la exposición simulada se redujo en 0,0035 voltios (-3,38%). En comparación entre el protocolo 1 y el protocolo 2, los valores de RMS aumentaron con el tiempo después de que los sujetos fueron expuestos a ELF-EMF (protocolo 1), y disminuyeron durante el tiempo de descanso de los sujetos (protocolo 2).

El estudio demostró que no hay cambios significativos en la mayoría de estos intervalos: PR, RT, QT y RR. El ELF-PEMF no prolongó el intervalo QT. Esto indica que el ELF-PEMF no afectó significativamente la actividad eléctrica del tejido cardíaco donde se originaron estos eventos. Sin embargo, para el intervalo RR, hay un pequeño cambio que puede contribuir a la variación en la frecuencia cardíaca. Para verificar si la variación en el intervalo RR se debe a la exposición a EMF, se usó el análisis de frecuencia de tiempo para el análisis de la señal de ECG.

Hay un pequeño cambio en la señal del dominio de la frecuencia antes y después de la exposición a EMF. Este cambio influye en todos los componentes de frecuencia de las señales de ECG, que se puede observar claramente y donde el intervalo RR experimentó una pequeña variación.

El resultado del análisis de frecuencia de tiempo mostró que la exposición a EMF tiene una influencia en el intervalo RR.

Esta investigación fue un estudio piloto ciego simple que puede tener sesgos. Sin embargo, el alto porcentaje de consistencia (81.5%) y la alta confianza de la prueba t (95%) sugieren un posible bio-efecto de ELF-PEMF en las señales de ECG.

Este efecto biológico podría deberse al acoplamiento entre los pulsos ELF-PEMF y la señal de ECG. Este acoplamiento podría deberse a una importante superposición de frecuencia entre los componentes de frecuencia del ECG y el rango de frecuencia de funcionamiento del sistema de generación ELF-PEMF (0–100 Hz). Sin embargo, aún es temprano para concluir que una breve exposición al ELF-PEMF y el acoplamiento entre los pulsos ELF-PEMF y los componentes del ECG afectarán los procesos fisiológicos del ECG.

En conclusión, los resultados mostraron un pequeño cambio en el intervalo RR. Sin embargo, no hubo cambios significativos para otros intervalos. Esto indica que el único intervalo afectado por la exposición de EMF en la actividad cardíaca es el intervalo RR (el recíproco de la frecuencia cardíaca). Los resultados del análisis de tiempo y frecuencia muestran un pequeño cambio en la señal del dominio de la frecuencia antes y después de la exposición a ELF-PEMF. Esto se debe a la variación que se produjo en el intervalo RR. Por lo tanto, se necesitan estudios adicionales, especialmente un experimento doble ciego, para consolidar estos hallazgos y descubrir más sobre los efectos de ELF-PEMF en los procesos fisiológicos humanos.

GLUCOSA

La glucosa es un monosacárido que cumple un papel fundamental y de vital importancia en el cuerpo, ya que por medio de la oxidación de moléculas de glucosa se obtiene el ATP necesario para que las células ejecuten múltiples funciones metabólicas como; los procesos de multiplicación celular, la reparación de tejidos, la digestión entre otros, que requieren de la energía para poder realizarse. Por lo anterior se decidió evaluar si la exposición a campos magnéticos interfiere en esta variable en personas sanas, dentro de la búsqueda de artículos no se encuentra información sobre estudios en seres humanos y en animales es limitada.

Un estudio publicado el 24 de junio 2010, por Miryam Elferchichi, Jacques Mercier, Marjorie Coisy-Quivy, de la Facultad de Ciencias de Bizerte, el Laboratorio de Fisiología Integrada, la Universidad de Montpellier I, Montpellier, Francia, Laboratorio de Biología de Actividades Físicas y Deportivas y Centro de farmacología e innovación en diabetes, Montpellier, Francia buscó investigar los efectos de la exposición a un campo magnético de 128 mT estático en la glucosa y el metabolismo de los lípidos en el suero y músculos esqueléticos de las ratas, el método emplearon 12 ratas Wistar macho las cuales se dividieron aleatoriamente en dos grupos: expuestas a 128 mT SMF y ratas expuestas simuladas, a una intensidad moderada la exposición se realizó durante 1 h/ día durante 15 días consecutivos, la exposición siempre tuvo lugar entre 8 y 12 AM bajo exposición a la luz estándar y temperatura constante. A estas se les realizó pruebas de tolerancia a la glucosa intraperitoneal, dos días antes del sacrificio, las ratas se sometieron a una prueba de tolerancia a la glucosa intraperitoneal, después de estar en ayunas durante 4 h, se administró una

solución de glucosa (2 g / kg de peso corporal) y Se recogió sangre después de cortar la cola en el momento 0 y 20, 40, 60 y 90 minutos después de la administración de glucosa para medir los niveles de glucosa e insulina en plasma.

Dentro de los resultados encontraron que los animales expuestos a SMF de 128 mT mostraron cambios significativos en la glucosa, es decir, aumentos en la glucosa y lactato en plasma y disminución en los niveles de insulina en plasma. Durante las pruebas de tolerancia a la glucosa intraperitoneal, las ratas expuestas a SMF mostraron hiperglucemia significativamente mayor en comparación con las ratas expuestas de manera simulada a pesar de niveles de insulina similares en ambos grupos. En los tejidos, la exposición a SMF indujo alteraciones significativas en las actividades enzimáticas solo en los músculos glucolíticos y causó una disminución significativa en cuádriceps y contenido de glucógeno hepático junto con niveles elevados de fosfolípidos. Por tanto, deducen en el estudio que este proporciona evidencia de que la exposición subaguda a SMF de intensidad moderada induce importantes alteraciones de los metabolismos de glucosa y lípidos, que merecen más investigaciones para evaluar consecuencias a largo plazo.

Otro estudio buscó el efecto de un campo eléctrico de 50 Hz sobre los niveles de ACTH, glucosa, lactato y pirúvico en plasma en ratas estresadas, donde el efecto del campo eléctrico de frecuencia extremadamente baja (EF) en los cambios inducidos por el estrés de los niveles plasmáticos de ACTH, glucosa, lactato y pirúvico se examinó en ratas ovariectomizadas. Dentro de los método que se empleó en el estudio fue un sistema de exposición EF y se compone de tres partes principales, una unidad trans de alto voltaje, una unidad de voltaje constante, y jaulas de exposición y esta jaula está compuesta por una jaula de plástico cilíndrica (400 mm de diámetro, 400 mm de altura) y dos electrodos de acero inoxidable (1200 1200 mm) colocados sobre y debajo de la jaula cilíndrica. Para establecer el EF (50 Hz 17500 V / m) en la jaula, se aplicó corriente alterna estable (50 Hz, 7000 V) al electrodo superior. Para este estudio trabajaron con ratas Wistar hembras de 7 semanas de edad, 300-350 g de peso corporal, y se mantuvieron en una habitación convencional. A cada rata se le envolvió con una lámina de polietileno y se colocó en el electrodo inferior durante 30 min.

Las ratas fueron expuestas a 50 Hz EF (17500 V / m) durante 60 min y se restringieron durante la segunda mitad (30 min) del período de exposición a EF. Para evaluar si las ratas restringidas sienten estrés, se midió el nivel de ACTH en plasma, que es uno de los muchos indicadores de estrés, justo antes y después de la restricción de 30 minutos. Seis ratas se dividieron en dos grupos.

Un grupo de ratas se contuvo durante 30 minutos y otro grupo de ratas se inyectó intraperitonealmente con 1 mg / kg de diazepam 30 minutos antes del período de restricción. Antes y después del período de restricción, se recogieron muestras de plasma de cada rata y se midió la concentración de ACTH.

Para examinar los efectos de la exposición a EF de 50 Hz en los niveles plasmáticos de ACTH, glucosa, lactato y piruvato, 24 ratas se dividieron en cuatro grupos (seis ratas/grupo) de la siguiente manera: grupo control, grupo restringido bajo exposición EF simulada, grupo restringido bajo la exposición EF de 50 Hz, grupo restringido con tratamiento con diazepam y exposición simulada.

Encontraron que el estrés de restricción aumentó significativamente los niveles plasmáticos de ACTH y glucosa. El aumento inducido por la restricción de los niveles plasmáticos de ACTH y glucosa tendió a ser suprimido por la exposición al EF. Mientras tanto, la exposición a EF también afectó el nivel de lactato en plasma.

Por lo tanto, la exposición a EF disminuye significativamente los niveles de lactato en plasma en las ratas estresadas. Aunque los mecanismos precisos en la alteración dependiente de la restricción en los niveles plasmáticos de ACTH, glucosa, lactato y piruvato no se comprenden completamente, este estudio demuestra que el EF de 50 Hz altera las respuestas al estrés y el metabolismo energético en ratas estresadas.

Se deduce que es importante el estudio de este parámetro (glucosa) para las personas que se exponen por largos periodos a la magnetoterapia porque no hay evidencia suficiente acerca de si la glucosa presenta o no variación al exponerse a un campo magnético. Ya que los pocos estudios hablan de campos eléctricos o campos magnéticos fijos en animales no en humanos sanos.

HEMOGLOBINA - HEMATOCRITO

Ya conocemos que el análisis de hematocrito mide la proporción de glóbulos rojos en la sangre y que estos se encargan de transportar oxígeno a todo el cuerpo, y un resultado del hematocrito elevado o disminuido puede ser un signo de determinadas enfermedades. En cuanto a la hemoglobina es una proteína que se halla en los glóbulos rojos y transporta oxígeno a los órganos, tejidos del cuerpo y dióxido de carbono desde los órganos y tejidos hasta los pulmones y se asocia su resultado a diferentes patologías, si encontramos un nivel bajo de hb significa que tenemos un recuento de glóbulos rojos bajo y puede estar asociado a anemia y tener diferentes causas, como deficiencias vitamínicas, sangrado u enfermedades crónicas, si su valor es elevado podemos estar presentando trastornos de sangre como policitemia, vivir a gran altura, fumar y estar deshidratado. Por lo anterior una de las justificaciones de la población seleccionada son sujetos sanos, para poder determinar ante una exposición a campo magnético si los cambios que se presenten se asocian a la exposición y no a las diferentes patologías que puede presentar cualquier individuo.

Si bien se tiene claro por múltiples estudios la acción estimulante que ejerce la aplicación del campo magnético en la microcirculación y conocemos su efecto en este sistema entre ellos: la vasodilatación arteriolar, aumento de la velocidad del flujo sanguíneo en los capilares, aumento de la presión intracapilar de oxígeno, entre otros; pero no tenemos claro su acción en variantes como hemograma y para ser más específicos en hemoglobina (hb) – hematocrito (Hto) en pacientes sanos; por lo tanto a continuación citaremos los artículos encontrados en relación con los cambios en cuanto Hb- Hto en paciente sanos con exposición a campos magnéticos o con exposición a campos electromagnético, además porque son pocos estudios publicados en animales que no demuestran alteraciones relacionadas con la exposición en el campo en los sistemas hematológicos e inmunes.

Un estudio circadiano publicado en Francia en 1966 investigó los posibles efectos de la exposición aguda a un campo magnético polarizado linealmente de 50 Hz (10 pT) y su acción en función hematológicas e inmunológicas. Para esta investigación inicialmente se seleccionaron 32 hombres jóvenes sanos, con edades entre 20 y 30 años de acuerdo con los siguientes criterios: hábitos de sueño regulares, sin

enfermedad crónica o discapacidad, sin enfermedad aguda reciente, no trabajaban por la noche, eran no fumadores y se les indicó que comieran comidas balanceadas, que se abstuvieran de consumir alcohol y café, y que no usaran una afeitadora eléctrica o un secador de cabello durante cada sesión experimental y durante 24h antes de cada sesión. Se organizó una actividad diurna de 08:00 a 23:00 y descanso nocturno. El experimento duró 2 meses.

La unidad experimental constaba de tres habitaciones independientes. El campo magnético polarizado linealmente (10 pT) fue generado por un sistema basado en bobinas Helmholtz. Se utilizaron tres bobinas rectangulares (1 20 x 140 cm) separadas 80 cm para cada cama y se ubicaron entre la cabeza entrepierna y tobillos De los sujetos expuestos.

Los sujetos expuestos dormían en la primera habitación y los expuestos simulados dormían en la segunda habitación. Ninguno de ellos fue informado si estaba expuesto o no. En cada una de las dos habitaciones en las que los sujetos debían dormir, el nivel del campo magnético de fondo era inferior a 40 nT. En el área que rodea el sitio experimental, la amplitud del campo geomagnético fue de aproximadamente 46 pT. Debido a que se requiere una distancia mínima de 6 metros entre las camas expuestas y las expuestas simuladas para evitar cualquier interacción, se separaron a 7 metros de distancia. Los dispositivos para la generación, calibración y monitoreo continuo del campo magnético se ubicaron en la tercera sala.

Este experimento estudió 4 sujetos por día, y cada sujeto participó en dos sesiones de 24. la toma de muestras se realizó mediante catéteres se colocaron durante el período de 24 h, y la primera muestra de sangre se obtuvo a las 11:00 y se tomaron muestras intervalo de cada 1h desde las 22:00 a 8:00, Durmieron entre las 23:00 y las 08:00 y pasaron su tiempo de vigilia en el laboratorio y en este periodo se tomaron muestras de sangre de 11: 00 a 08:00 (intervalos de 3 h de 11:00 a 20:00). Desde la medianoche hasta las 08:00, se obtuvieron muestras bajo luz tenue sin despertar a los sujetos la exposición al campo magnético duró desde 23:00 hasta 08:00. Estudiaron dos grupos: el primer grupo no estaba expuesto (es decir, control; n = 16), y el otro grupo estaba expuesto (n = 16). No se informó a los sujetos si estaban expuestos o no. Durante la primera sesión, se aplicó un campo magnético continuo de 50 Hz de 10 pT. En la segunda sesión, los sujetos que estuvieron expuestos previamente a un campo magnético continuo fueron expuestos a un campo magnético intermitente de 50 Hz de 10 pT.

Posterior a esto se realizó el análisis del parámetro como: hematocrito, concentración de hemoglobina, glóbulos rojos, plaquetas, leucocitos, neutrófilos, eosinófilos, linfocitos, monocitos y subtipos de linfocitos (CD3, CD4, CD8, células NK y células B). entre las variables hematológicas estudiadas, no se observó efecto ni con la exposición a campo magnético continuo ni el intermitente de 50 Hz y tampoco hubo diferencias significativas entre el control y los grupos expuestos. Aunque no se da a conocer en el estudio la intensidad de exposición al campo magnético si se conoce la frecuencia utilizada de 50 hz, la cual se encuentra en rango similar a la que se trabajara en este proyecto pues se encuentra entre 20-60hz.

Otro estudio experimental realizado por parte de la unidad de Cronobiología y Fundación Oftalmológica Adolphe de Rothschild, París, Francia publicado en 2013, se plantearon como objetivo investigar a los trabajadores expuestos crónicamente a campos electromagnéticos tanto en el trabajo como en el hogar si dicha exposición crónica (entre 1 y 20 años de duración) afecta los parámetros inmunohematológicos. El estudio se realizó con treinta hombres de mediana edad, entre algunos criterios de selección incluían que no eran fumadores no tenían enfermedades agudas o crónicas, no tenían trastornos del sueño, no tomaban ninguna droga, Todos estaban sincronizados con la actividad diurna de 07:00h - 23:00h con descanso nocturno y mantenían horarios y actividades físicas similares. Y según su perfil de trabajo, fueron asignados al subgrupo: sujetos expuestos (N = 15, edad media = 38.0 ± 0.9 años) por lo tanto trabajaban en subestaciones de voltaje extra alto en la región metropolitana de París en manteniendo la red de transmisión de electricidad EHV (225 kV y 400 kV) y con una densidad de las líneas eléctricas fue responsable para los altos niveles de campo magnético en subestaciones. Además, los sujetos expuestos vivían cerca de las subestaciones y, por lo tanto, estaban expuestos a campos magnéticos mientras estaban en casa. Y los sujetos de control (N = 15, edad media = 39.4 ± 1.2 años). fueron reclutados por el Centro de Investigación Clínica (CIC) del Hospital Pitié-Salpêtrière y eran trabajadores de oficina y ninguno tenía una posición profesional que pudiera haber resultado en exposición ocupacional a campos magnéticos. A todos los sujetos se les realizó previo al estudio exámenes clínicos y de laboratorio de rutina para evaluar la salud general, el perfil endocrino y los recuentos sanguíneos. Y los sujetos que estuvieron expuestos en el trabajo no habían estado de servicio en 48h antes de que comenzara el experimento.

El protocolo se realizó en el CIC del Hospital Pitié-Salpêtrière la exposición en el CIC fue baja, alrededor de $0.05 \mu\text{T}$. Se realizó el estudio en horas de la noche un periodo de 12 horas, y se realizó toma de sangre cada hora por catéter para evitar despertar a los sujetos durante su exposición.

La exposición del campo magnético se registró para cada sujeto con dosímetros EMDEX II (Enertech Consultants, Campbell, California, EE. UU.); Su rango de medición es de 10 nT a 300 mT (precisión $\pm 10\%$) para frecuencias entre 40 Hz y 800 Hz. Las medidas del campo magnético para los sujetos expuestos y de control se registraron durante 7 días, durante el día y la noche. Las mediciones se tomaron y registraron cada 30s. Tanto los sujetos expuestos como los de control usaron el dispositivo de grabación durante toda la jornada laboral, y en casa lo colocaron en una sala "pública". También se usaron dosímetros en el CIC.

Los efectos del campo magnético en parámetros hematológicos e inmunológicos observados como: glóbulos rojos; hemoglobina; hematocrito plaquetas volumen medio de plaquetas; glóbulos blancos totales; linfocitos; monocitos; eosinófilos; basófilos neutrófilos; Ig (inmunoglobulina) A; IgM; IgG; CD 3; CD4; CD8; células asesinas naturales (NK); Células B; CD28 total; CD8 + CD28 +; células T activadas; interleucina (IL) -2; IL-6; y receptor de IL-2. y como resultado al estudio se obtuvo en cuanto a los parámetros hematológicos se determinó que no se observaron diferencias significativas para el efecto de campo ni para la interacción de campo-hora entre los sujetos expuestos a campos entre 0.1 y $0.3 \mu\text{T}$ y mayores de $0.3 \mu\text{T}$, y sus respectivos grupos de control.

Es importante tener en cuenta que el presente estudio se realizó con exposición a campos electromagnéticos y no campos magnéticos y además que por la poca información encontrada de estudios de Hb - Hto se decide realizar esta medición para lograr mayor conocimiento en las posteriores investigaciones y dar continuidad a diferentes proyectos de acuerdo a los resultados que se recogerán más adelante.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 MATERIALES

- El Campo Magnético General MG-204 de 200 Gauss pulsado
- Herramientas de medición de constantes vitales: tensiómetro, pulsoxímetro, cronómetro, termómetro, electrocardiógrafo, disponibilidad para realización de pruebas de laboratorio clínico (hemograma, glucemia y PCR)
- Historia clínica
- Consentimiento informado

1.4.2 METODOLOGÍA

El presente, es un estudio primario de cohorte de sujetos sanos, asignados al azar a exposición a campo magnético o sin campo magnético. - con control enmascarado -. criterios de inclusión y exclusión señalados en Tabla 3.

Adicionalmente se realizó revisión de la literatura

A cada uno de los individuos seleccionados se les realizó una historia clínica escrita previa, para descartar el padecimiento de alguna condición médica. Registrando signos vitales completos. De igual forma se obtuvo una muestra de sangre para obtención de las siguientes variables: hemograma, glucemia y PCR a toda la población de estudio. Fueron escogidos los pacientes sanos con exámenes paraclínicos normales teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión.

Posterior a esto los pacientes seleccionados 10 en total fueron divididos al azar en 2 grupos el grupo A fue sometido al campo magnético general pulsado de baja intensidad de 200 gauss, con una frecuencia de 60 hertz, durante 90 minutos con el fin de estimular regeneración crecimiento celular de acuerdo al protocolo expuesto en el marco teórico, empleado por la Fundación Universitaria Juan N Corpas adaptado de los estudios del Dr Sodi Pallares (), el grupo B fue el grupo control no expuesto, a todos los participantes del grupo A y B se les realizaron nuevamente muestras de sangre durante la exposición e inmediatamente después para así determinar eventuales variaciones entre los grupos expuestos vs no expuestos.

Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> - Mujeres y hombres adultos, de 18 a 50 años, sanos sin patologías diagnosticadas - Consentimiento informado firmado aceptando la participación en el estudio - Electrocardiograma normal: ¹⁶ <p>Ondas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Onda P: duración $\leq 0,12$ seg, su amplitud $\leq 2,5$ mm. Onda positiva en las derivaciones de la cara inferior y negativa en aVR. ● Complejo QRS: de 0,06 a 0,10 seg. <ul style="list-style-type: none"> ○ Q: primera onda negativa antes de la primera onda positiva. ○ R: toda onda positiva. ○ S: onda negativa después de una onda positiva. ● Onda T: positiva en todas las derivaciones excepto en aVR y, a veces en V1. anchura de 0,10 s a 0,25 s (2.5 mm de ancho) Y amplitud máxima de 0.25 mV (2.5 mm de alto). ● Onda U: aparece siguiendo a la T. Mide < 1 mm. <p>Intervalos</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Intervalo PR: desde inicio de la P al inicio del QRS. Duración 0,12-0,20 seg. ● Intervalo QT: desde el inicio del QRS al final de la T. Disminuye al aumentar la frecuencia cardíaca, por ser más rápida la repolarización. El QT se corrige para una frecuencia cardíaca (QTc), calculándose 	<ul style="list-style-type: none"> - Personas menores de 18 años y mayores de 50 años - Personas que están recibiendo algún tratamiento médico, que tengan alguna patología diagnosticada - Glucemia sérica en ayunas ≥ 100 mg/dl - Hematocrito: <ul style="list-style-type: none"> - Hombres: $\leq 41 \geq 53$ % - Mujeres: $\leq 36\% \geq 48\%$ - Hemoglobina <ul style="list-style-type: none"> - Hombres: \leq de 14 gr/dl, \geq de 18 g/dl - Mujeres: \leq de 11 gr/dl, \geq de 17 g/dl - PCR > 10 mg/L - Electrocardiograma anormal - TA $\geq 130/85$ mmHg - FC \leq a 59 lpm, \geq de 91 lpm - FR \geq de 21 rpm - SAO2 con FIO2 21% $< 90\%$ - Temperatura $\leq 35,9$ o $\geq 37,5$ °C - Mujeres en estado de embarazo - Fumadores, consumidores de sustancias psicoactivas

con la fórmula de Bazett: $QTc = QT \text{ medido} / \sqrt{RR \text{ previo}}$.

- Intervalo ST: isoelectrico.
- Complejo QRS: dura normalmente de 0,06 a 0,10 segundos. La anchura normal del complejo QRS es < 0,12 mseg.

Eje eléctrico

Entre los 0° y los +90°.

- Glucemia de ayuno normal (< 100 mg/dl)
- Hematocrito:
 - Hombres: 42 - 52 %
 - Mujeres: 37%- 47%
- Hemoglobina:
 - Hombres: 14gr/dL- 18 gr/dL
 - Mujeres: 12 gr/dL- 16 gr/dL
- PCR ≤ a 10 mg/L
- TA ≤ 120/80 mmHg
- FC ≥ a 60 lpm, ≤ de 90 lpm
- FR 12 - 20 rpm
- SAO2 con FIO2 21% ≥ 90%
- Temperatura axilar ≥ 36,2, ≤ 37,2 °C

Requerimientos legales del estudio:

El presente estudio se registrará por la RESOLUCIÓN NÚMERO 8430 DE 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

1. De acuerdo con la RESOLUCIÓN NÚMERO 8430 DE 1993 artículo 11, el presente estudio se encuentra dentro de las "**Investigaciones con riesgo mayor que el mínimo**".
2. Se desarrollará un consentimiento informado para todos y cada uno de los participantes del estudio, donde expresarán de manera escrita su autorización para la participación en el mismo. El consentimiento debe incluir los apartes mencionados en los artículos 15 y 16 de la presente resolución.
3. Se tendrá en cuenta en especial el CAPÍTULO III de esta resolución sobre **LA INVESTIGACIÓN CON ISÓTOPOS RADIATIVOS Y DISPOSITIVOS Y GENERADORES DE RADIACIONES IONIZANTES Y ELECTROMAGNÉTICAS.**

1.5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Escribe aquí los resultados más significativos del proyecto.

1.5.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

Escribe aquí el análisis de los resultados más significativos del proyecto

1.6 CRONOGRAMA

AÑO	2018					2019										2020							
MESES	A g o.	S e p.	O c t	N o v	D i c	E n e	F e b	M a r	A b r	M a y o	J u n	J u l	A g o .	S e p .	O c t	N o v	D i c	E n e	F e b	M a r	A b r	M a y	
Problema																							
Pregunta																							
Elaboración de proyecto																							
Recolección de datos																							
Análisis de datos																							
Resultados																							
Comunicación de resultados																							

1.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Adey W. Biological effects of electromagnetic fields. *Journal of Cellular Biochemistry*. 1993;51(4):410-416.
2. Markov M. Pulsed electromagnetic field therapy history, state of the art and future. *The Environmentalist*. 2007;27(4):465-475.
3. Raji AR, Bowden RE. Effects of high peak pulsed electromagnetic fields on degeneration and regeneration of the common peroneal nerve in rat. *Lancet* 1982;2:444–5.
4. Guerriero F, Botarelli E, Mele G, et al. Effectiveness of an Innovative Pulsed Electromagnetic Fields Stimulation in Healing of Untreatable Skin Ulcers in the Frail Elderly: Two Case Reports. *Case Rep Dermatol Med*. 2015;2015:576580. doi:10.1155/2015/576580
5. Zecca L, Conte G, Furia G, Ferrario P. The effect of alternating magnetic fields on experimental inflammation in the rat. *Journal Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 1985: vol 192 39-43 [https://doi.org/10.1016/0302-4598\(85\)85005-4](https://doi.org/10.1016/0302-4598(85)85005-4)
6. Sodi Pallares D. *Magnetoterapia y tratamiento metabólico*. 3rd ed. México D.F: Nicolas Bravo; 1994.
7. Zibecchi. C. Campos magnéticos pulsantes de baja frecuencia. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología* [Internet]. 1999 [cited 9 January 2020];2(2):85-88. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-fisioterapia-kinesiologia-176-articulo-campos-magneticos-pulsantes-baja-frecuencia-13010385>
8. Sproston NR, Ashworth JJ. Role of C-Reactive Protein at Sites of Inflammation and Infection. *Front Immunol*. 2018;9:754. Published 2018 Apr 13. doi:10.3389/fimmu.2018.00754
9. Ockene I, Matthews C, Rifai N, Rifai P, Reed G, Stanek E. Variability and Classification Accuracy of Serial High-Sensitivity C-Reactive Protein Measurements in Healthy Adults. *Journal Clinical Chemistry* 2001 47:3 444–450
10. Wróbel M, Szyborska-Kajanek A, Strzelczyk J, Karasek D, Rawwash H, Biniszkiwicz T. Impact of Low-Frequency Pulsed Magnetic Fields on Defensin and CRP Concentrations in Patients with Painful Diabetic Polyneuropathy and in Healthy Subjects *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2010 (25/11/2019) 29 19-25 doi: 10.3109/15368371003635376
11. Gehan S, Mahmoud NF, Hamada A, Gabr AA. Influence of pulsed electromagnetic field on dermatological symptoms of hyperandrogen in obese women with polycystic ovarian syndrome. *Jour Clinic and Analytical Medicine* 2018 (25/11/2019). 9. 493-497. 10.4328/JCAM.5816.
12. Sorrell R, Muhlenfeld J, Moffett J, Stevens G, Kesten S. Evaluation of pulsed electromagnetic field therapy for the treatment of chronic postoperative pain following lumbar surgery: a pilot, double-blind, randomized, sham-controlled clinical trial. *Journal of Pain Research*. 2018;Volume 11:1209-1222.
13. Mendall MA, Patel P, Ballam L, Strachan D, Northfield TC. C-reactive protein and its relation to cardiovascular risk factors: a population based cross sectional study. *BMJ*. 1996;312:1061–1065.
14. de Maat MP, Pietersma A, Kofflard M, Sluiter W, Kluff C. Association of plasma fibrinogen levels with coronary artery disease, smoking and inflammatory markers. *Atherosclerosis*. 1996;121:185–191
15. Berk BC, Weintraub WS, Alexander RW. Elevation of C-reactive protein in 'active' coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 1990;65:168–172.

- 16.[Internet]. Sld.cu. 2020 [cited 11 February 2020]. Available from: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/pdvedado/franco_03.pdf
- 17.Ekici B. The effects of the duration of mobile phone use on heart rate variability parameters in healthy subjects. *The Anatolian Journal of Cardiology*. 2016;16(11):833-838.
- 18.Gaffey C. Changes in the electrocardiograms of rats and dogs exposed to DC magnetic fields. 1979.
- 19.Gaffey C, Tenforde T. Alteraciones en el electrocardiograma de rata inducidas por campos magnéticos estacionarios. *Electromagnetics*. 1981
- 20.Fang Q, Mahmoud S, Yan J, Li H. An Investigation on the Effect of Extremely Low Frequency Pulsed Electromagnetic Fields on Human Electrocardiograms (ECGs). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016;13(11):1171.

- Elferchichi, M., Mercier, J., Coisy-Quivy, M., Metz, L., Lajoix, A., & Gross, R. et al. (2010). Effects of Exposure to a 128-mT Static Magnetic Field on Glucose and Lipid Metabolism in Serum and Skeletal Muscle of Rats. *Archives Of Medical Research*, 41(5), 309-314. doi: 10.1016/j.arcmed.2010.07.008

- Harakawa, S., Takahashi, I., Doge, F., & Martin, D. (2004). Effect of a 50 Hz electric field on plasma ACTH, glucose, lactate, and pyruvate levels in stressed rats. *Bioelectromagnetics*, 25(5), 346-351. doi: 10.1002/bem.10202

- Ohkubo, C., & Okano, H. (2015). Magnetic Field Influences on the Microcirculation. *Electromagnetic Fields In Biology And Medicine*, 103-128. doi: 10.1201/b18148-9

- Touitou, Y., Djeridane, Y., Lambrozo, J., Camus, F., & Selmaoui, B. (2013). Long-term (up to 20years) effects of 50-Hz magnetic field exposure on immune system and hematological parameters in healthy men. *Clinical Biochemistry*, 46(1-2), 59-63. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2012.09.003

- Selmaoui, B., Bogdan, A., Auzéby, A., Lambrozo, J., & Touitou, Y. (1996). Acute exposure to 50 Hz magnetic field does not affect hematologic or immunologic functions in healthy young men: A circadian study. *Bioelectromagnetics*, 17(5), 364-372. doi: 10.1002/(sici)1521-186x(1996)17:5<364::aid-bem3>3.0.co;2-1