

Estudio cuantitativo de imanes permanentes y su campo magnético usados en terapias de biomagnetismo en México

Victor M. Luna-Trillo*

Jatziri Espinosa-Pérez**

Resumen

El creciente interés de las personas por tratamientos naturales como la terapia de Biomagnetismo y la creciente oferta de terapias en el mercado que utilizan imanes permanentes (ferrita, neodimio) han motivado el desarrollo de este trabajo de investigación con el objetivo de cuantificar las propiedades de los imanes para entender el estímulo-efecto que se tiene en los pacientes. En una clara semejanza con la farmacología, se propone desarrollar una rama de la Biofísica denominada “Biomagnetología”, la cual estudia todas las propiedades y posibilidades de los imanes y de su campo magnético. En particular, el trabajo abona conocimientos a la Biomagnetometría, a través de un nuevo marco para la evaluación de las propiedades de los imanes. El estudio propone dos mediciones adicionales a la conocida intensidad magnética gauss: el “Impacto Magnético”, que mide la percepción del campo magnético y su polaridad en una zona puntual del imán y también

* Licenciado en Ingeniería Biomédica (UIA), Maestría en Ciencias de la Computación (FAR). Director del Centro BIOMECA. Investigador en temas relacionados con Bioenergía Médica. Miembro del grupo de investigación (GIDi): “Procesamiento digital de señales”, Dirección de Posgrado e Investigación de la Universidad La Salle. vimalutri56@hotmail.com

** Licenciada en ingeniería biomédica (UAM), maestra en Administración de sistemas de salud (UNAM). Jefa de carrera de la Licenciatura en Ingeniería biomédica de la Facultad de Ingeniería en la Universidad La Salle México. Miembro del grupo de investigación (GIDi): “Procesamiento digital de señales”, Dirección de Posgrado e Investigación de la Universidad La Salle. jatziri.espinosa@ulsa.mx

la “Pendiente Magnética de Expansión del Campo”, que mide la distribución y profundidad de la intensidad magnética en la zona de influencia del campo magnético. Estas dos nuevas formas de medida, resultarán útiles en el estudio de las propiedades de los imanes terapéuticos.

Palabras clave

Imanes, magnetismo, biomagnetismo, impacto magnético, pendiente magnética de expansión del campo

Fecha de recepción:
septiembre de 2015

Fecha de aceptación:
diciembre de 2015

Abstract:

The growing interest of people for natural treatments such as biomagnetism and the growing offering of therapies on the market using permanent magnets (ferrite, neodymium) have allowed the development of this research. This paper's objective is to quantify properties of magnets stimulus to understand the effect in patients. In a clear analogy to pharmacology, we propose the development of a new discipline of Biophysics to be called “Biomagnetology, this new discipline will study all the properties and potential applications of magnets and their magnetic fields. Particularly, this work adds knowledge to Biomagnetometry, through a new measurement framework for magnet properties. This paper proposes two additional units of measurement to the already known gauss measurement unit, “The Magnetic Impact, which measures the magnetic field perception and its polarity in a localized area to the magnet and “The Magnetic Expansion Field”, which measures the force distribution and depth in the influence area of the magnetic field. These two new units of measurement will prove handy in the study of the physical properties of magnets.

Key words

Magnets, magnetism, biomagnetism, magnetic impact, magnetic expansion field.

Final submission:
September 2015

Acceptance:
December 2015

Introducción

Este proyecto de investigación es sólo la primera parte de uno más amplio que se ha desarrollado en centros importantes como el Centro BIOMECA, el Colegio Mexicano de Biomagnetismo, el Centro Universitario de Alternativas Médicas (CUAM) y la Universidad de Camagüey en Cuba, entre otros. Involucra el desarrollo de equipo de medición, que no existe hasta el momento, que permita evaluar el impacto y la fuerza de los imanes aplicados al cuerpo humano con intención de apoyar la recuperación de enfermedades y padecimientos. Países como Alemania, España, Cuba, Chile y Ecuador, también desarrollan nuevos conocimientos en el área de Biomagnetismo, por lo que los primeros alcances de esta investigación son muy importantes para continuar con otros estudios complementarios.

Las terapias de biomagnetismo, entre otras, son reconocidas como parte de la medicina tradicional mexicana y las medicinas complementarias, desde el 2002 por el gobierno federal a través de la Dirección de Medicina Tradicional y Desarrollo Intercultural de la Dirección General de Planeación en Salud (DGPLADES), con la finalidad de apoyar al reconocimiento de la diversidad cultural de las poblaciones mestizas e indígenas y ante la emergencia de nuevos paradigmas, en la definición de los programas de atención a la salud a través de un marco de respeto y promoción de los derechos humanos.^{1 2 3 4}

En las consultas de terapias de biomagnetismo se utilizan imanes permanentes sobre el cuerpo para reestablecer la salud de las personas y de esta manera se tocan dos grandes terrenos, uno de

¹ DGPLADES. Dirección General de Planeación y Planeación en Salud. DGPLADES, 2013. Disponible en: <http://www.dgplades.salud.gob.mx/interior/dmtdi.html> [Consultado: Diciembre 2014].

² Almaguer G, Vargas V, García J, Ruiz A. Fortalecimiento y relación intercultural con la medicina tradicional: Manual para el personal de salud. DGPLADES, 2013. 26-3

³ Marco legal de la medicina tradicional y las medicinas complementarias. Dirección de Medicina Tradicional y Desarrollo Intercultural, DGPLADES.

⁴ Mambretti, Giorgio, Séraphin, Jean. (2010) "La medicina patas arriba", Ediciones Obelisco. Madrid, España

ellos es el conocimiento de las propiedades físicas de los imanes y el segundo la información sobre el comportamiento de los imanes en el cuerpo humano, la aplicación segura y sus efectos. En la práctica, los terapeutas o prácticos tradicionales^{5 6 7} en su gran mayoría no son médicos, por lo que en ocasiones solo manejan conocimientos básicos o incompletos de tópicos anteriores y en ocasiones, sólo comunican los beneficios de este tipo de terapias (los cuales en muchos casos son innegables).

En los últimos 25 años la terapia con imanes permanentes, técnica que puede ser llamada biomagnetismo por ser usada en salud, ha tenido gran desarrollo.⁸ Este técnica de curación considera al imán como la herramienta básica para el tratamiento, por lo que resulta indudable que el conocimiento del comportamiento de los imanes, del campo magnético y de todos sus efectos sobre la salud de las personas, son temas obligados y constituye uno de los grandes retos a investigar y enfrentar ante el planteamiento de los siguientes puntos de vista de los autores: (1) lo que nosotros consideramos como un desconocimiento y por lo mismo un riesgo no cuantificado en su aplicación (2) ante la creciente oferta de cursos que forman un número cada vez mayor de terapeutas^{9 10 11 12 13 14}

⁵ Ley Marco en materia de medicina tradicional –Propuesta elaborada para el Parlamento Latinoamericano- Comisión de Salud del Parlamento Latinoamericano, 2009. 18-5.

⁶ Martínez Albarrán, José Eduardo. “Biomagnetismo Médico y sus Aplicaciones” Ediciones Orión, Buenos Aires, Argentina, 1997

⁷ Salas Velasco, Antonio. (2012) “Biomagnetismo y Espiritualidad. Como entender y aplicar cuánticamente un modelo biomagnético”. Ediciones Índigo. México.

⁸ *Ibidem*

⁹ Biomagnetismo Médico. Disponible en: <http://biomagnetismo.com.mx> [Consultado en: Diciembre 2014]

¹⁰ Colegio Mexicano de Biomagnetismo Médico. Disponible en: <http://biomagnetismo.biz/> [Consultado en: Diciembre 2014].

¹¹ Colegio Mexicano de Ajuste Bio-Magnético. Disponible en: <http://ajuste-biomagneticoth.com.mx/quienes-somos.html> [Consultado en: Diciembre 2014]

¹² Centro de Biomagnetismo Médico Anahuacalli. Disponible en: <http://biomagnetismomedico.org.mx/> [Consultado en Diciembre 2014].

¹³ Centro Ohani. Disponible en: <http://www.ohani.cl/biomagnetismo3.htm> [Consultado en: Diciembre 2014]

¹⁴ Instituto de Magnetismo Holístico Celular Hispanoamericano, 2012. Disponible en: <http://www.par-bio.com/Pages/default.aspx> [Consultado en: Diciembre 2014]

y (3) la demanda creciente de personas por someterse a este tipo de tratamientos.

Así, ante las repetidas peticiones de información por parte de terapeutas y personas que se han sometido a las terapias de biomagnetismo, es que surge este trabajo como una propuesta de reflexión sobre la importancia de fortalecer el conocimiento y la investigación sobre el biomagnetismo a través del desarrollo de una nueva especialidad con temas muy puntuales y como una propuesta innovadora, haciendo una analogía con la medicina científica, especialmente con la farmacología entendida como la ciencia que estudia a los fármacos¹⁵ ¹⁶(herramienta básica en la medicina para el tratamiento de los padecimientos y enfermedades).

Con esta visión de marco inicial, se propone la Biomagnetología, rama de la Biofísica, como la ciencia que explica el conocimiento del origen, la historia, las propiedades físicas y la presentación de los imanes así como los efectos magnéticos, eléctricos, bioquímicos y fisiológicos, resultados de los mecanismos de acción de su aplicación sobre el cuerpo.

La Biomagnetología no pretende contradecir los grandes beneficios que este nuevo campo en la Medicina Complementaria ha desarrollado para reestablecer el bienestar y la salud de las personas, como resultado de la aplicación de los métodos y técnicas existentes. Entre los que se pueden considerar las técnicas del Dr. Bansal,¹⁷ el Par Biomagnético¹⁸ y técnicas de magnetoterapia y tratamiento metabólico del Dr. Sodi Pallares.¹⁹

La Biomagnetología, en semejanza con la perspectiva de la farmacología, distingue dos vertientes de igual importancia: la básica y la aplicada. Como ciencia básica, la Biomagnetología analiza

¹⁵ Rodríguez Carranza, Rodolfo, Vidrio López, Horacio, Campos Sepúlveda, Alfonso Efraín. "Guía de Farmacología y Terapéutica", McGraw Hill, México, 2009.

¹⁶ Katzung, B. G. (2006). Basic & clinical Pharmacology. New York: Lange Medical Books-McGraw-Hill Medical.

¹⁷ H. L. Bansal, (2005) "Curación Magnética", Editorial Yug,

¹⁸ Goiz Durán, Isaac. (1999) "El Par Biomagnético". México.

¹⁹ Sodi Pallares, Demetrio. (2009) "Magnetoterapia y Tratamiento Metabólico", Ed. GrafiCava México.

los fenómenos producidos por las interacciones entre las personas (o seres vivos en general) y los imanes, con el fin de establecer los principios fundamentales y conocimiento de sus efectos. Como ciencia aplicada, usa estos conocimientos obtenidos para la solución de casos y problemas específicos en el diagnóstico y tratamiento de los desequilibrios de salud de las personas.^{20 21}

De tal manera que, como en toda disciplina científica, surgen diferentes campos de estudio específicos, que pueden considerarse como ramas de la misma y destacando las siguientes propuestas por los autores:

- **Biomagnetocinética:** que estudia la influencia que ejercen los imanes al estar en contacto con el cuerpo y considerando su forma de aplicación, absorción, distribución y modificación de la energía suministrada por el imán.
- **Biomagnetodinamia:** que estudia la influencia y el efecto de la energía de los imanes sobre el organismo y que supone cambios químicos, fisiológicos y energéticos sobre éste.
- **Biomagnetometría:** que busca formas confiables de medición de la intensidad del campo magnético por sí sólo y en su aplicación en relación a la respuesta generada en el cuerpo.
- **Biomagnetoterapia:** que se ocupa del estudio de los diferentes métodos y técnicas de prevención, diagnóstico y tratamiento de los padecimientos de las personas.
- **Biomagnetismo clínico:** que hace estudios en las personas con el fin de conocer y validar los efectos terapéuticos resultado de la aplicación de imanes.
- **Biomagnetotoxicología:** que estudia los efectos adversos del uso de imanes y su relación en los estados denominados como de crisis curativa.
- **Biomagnetoeconomía:** que estudia la relación costo/beneficio, individual y colectivo, de las terapias de Biomagnetismo.

²⁰ Luna Trillo, Victor Manuel. (2013) "El ABC de la Mecatrónica". Electrónica Steren, México

²¹ Vendrell Covisa, Javier. (2012) "El ABC del Médico", Editorial LIBSA, Madrid, España

- **Biomagnetovigilancia:** que hace la evaluación epidemiológica para comprender los efectos a nivel social y poblacional.
- **Biomagnetismo industrial:** que se encarga de la preparación, presentación y diseño de productos prácticos y ergonómicamente confiables para su aplicación en las personas.

Metodología

Esta propuesta pretender ser una investigación básica para explicar y someter al juicio de la medicina de todas las áreas, el comportamiento del campo magnético de imanes permanentes y así, mediante trabajos futuros de investigación aplicada, entender su influencia en el cuerpo humano para poder explicar y mejorar los tratamientos que se llevan a cabo actualmente.

Para este efecto, los temas a desarrollar en este trabajo son los conceptos de la Biomagnetometría, referentes a la evaluación de la intensidad del campo de los imanes y su comportamiento, ya que la información publicada en centros educativos que forman terapeutas de Biomagnetismo, como en los consultorios que ofrecen estas terapias, son de tipo comercial y no es consistente.

Desde la propuesta de la Física, la intensidad del campo magnético se mide en la unidad conocida como 'gauss' y para tal efecto está el equipo conocido como gaussímetro para su evaluación.²² Una de las limitaciones que se aprecia en aplicaciones terapéuticas para usar tal referencia es el comportamiento del campo magnético, el cual disminuye en proporción inversa a la distancia de la fuente original de energía, es decir, del imán. Por lo tanto, además de conocer la intensidad del campo magnético en la superficie del imán, es de gran importancia conocer el comportamiento del campo magnético a diferentes distancias.

Considerando que el efecto del campo magnético va a tener influencia en el interior del cuerpo humano y no en su superficie, en la piel, una de las aportaciones de esta investigación es la propuesta

²² Webster, John G. (2008) "Medical Instrumentation Application and Design", USA

de dos nuevas magnitudes de medición de la intensidad del campo magnético de los imanes usados en aplicaciones terapéuticas.

Los imanes que se colocan en la superficie del cuerpo, siempre van a tener la intención de afectar algún órgano en la parte interior. Por lo tanto, se propone el término “Impacto Magnético” como la referencia a usar, definiéndose como “la percepción de la intensidad del campo magnético y su polaridad evaluada en una zona puntual a 2 cm de distancia”, considerando esta distancia como un promedio en el rango de acción. Esta zona puntual será la localizada en el centro de masa del imán.

Para esta medición, se desarrolló un equipo electrónico que aplicara un criterio constante de evaluación de esta intensidad, por lo que el Medidor de Impacto Magnético fue una de las primeras acciones a resolver.

También para conocer el comportamiento espacial del campo magnético, se desarrolla un equipo electrónico que permite su evaluación en un formato 2D, es decir, que representa la expansión de la energía entre los polos magnéticos dentro de un rango promedio de 6 cm para conocer la afectación dentro del cuerpo. En una forma elemental, en el laboratorio de física es posible hacer una evaluación de éste comportamiento a través de una capa de polvo de ferrita sobre una hoja de papel y moviendo el imán por la parte inferior.

A esta representación bidimensional del campo magnético, la cual es obligada para entender y demostrar su acción en el cuerpo humano, se propone usar el término “Pendiente Magnética de Expansión del Campo” y se evalúa en una zona de 6 x 6 cm a través de una matriz de 3 x 4 sensores. Para tal efecto se desarrolló un “Medidor de la Pendiente Magnética de Expansión del Campo” usando un método de resolución corta.

Ambos equipos se desarrollan bajo el modelo electrónico de un microcontrolador y los datos capturados se presentan en una PC. El Medidor de Impacto Magnético tiene como base un PIC modelo 16F877A y el Medidor de la Pendiente Magnética de Expansión del Campo tiene como base un Arduino Mega 2560. Ambos mi-

crocontroladores envían información a la PC que presenta los datos en una aplicación desarrollada en Visual Basic Express 2010.^{23 24}

Una vez estudiado, conocido y documentado el comportamiento del campo magnético de los imanes permanentes, usados en las terapias de biomagnetismo, se propone integrar este conocimiento con la propuesta de desarrollar la Biomagnetología, es decir, de estudiar los efectos del cuerpo sobre el imán, los efectos del imán sobre el cuerpo, y seguir investigando para determinar los rangos seguros de operación y aplicación de imanes en el cuerpo. Esta será una buena base para sugerir protocolos de evaluación y seguimiento a las terapias, así como llegar a formar una clara propuesta de fabricación y producción de productos magnéticos orientados al mejoramiento y recuperación de la salud de las personas.

Medición cualitativa de la intensidad del campo magnético de los imanes terapéuticos

Los materiales frecuentemente disponibles en el mercado para la creación de imanes son cerámicas de ferrita y neodimio, por lo que se limitó el estudio a estos dos tipos de productos.

Al partir de información comercial, es conocido que la cerámica de ferrita tiene menos líneas de fuerza que la de neodimio. Menos líneas de fuerza significan menos intensidad de atracción -repulsión del campo magnético. También, basado en información comercial, los imanes de ferrita van desde algunos cientos de gauss hasta los 4,000 o 5,000 en promedio, y que los imanes de neodimio están arriba de los 10,000 gauss en promedio. Es decir, en el campo terapéutico se considera que los imanes de neodimio son más potentes que los de ferrita por la simple comparación de un número contra otro y por la percepción de la intensidad del campo magnético.

²³ Gutiérrez Morales, Sergio A. R. (2001) "Biomedicina. Fundamentos, práctica clínica e Investigación", Mandala Ediciones. Madrid, España.

²⁴ Luna Trillo, Victor Manuel. (2013) "El ABC de la Mecatrónica". Electrónica Steren, México

Para empezar a comprobar la intensidad de los imanes a partir de la información comercial que se tiene, se propuso medir la distancia a la que un campo magnético es interferido por otro campo magnético.

Para esta prueba se usó una brújula como sensor. Por lo tanto, si se acerca una cara de un imán en forma perpendicular a la aguja de la brújula y de la misma polaridad magnética que ésta, en algún punto del recorrido hacia la brújula, la aguja va a ser repelida por el campo magnético generado por el imán que se está acercando. La figura 1 ilustra esta simple medición hecha con dos imanes diferentes.

Con base en la imagen, se concluye que a 30 cm de separación entre el imán y la brújula, no hay interferencia de un campo al otro. Usando un imán de ferrita y si la distancia se disminuye a 23.5 cm, entonces sí, ya que la aguja de la brújula muestra un desplazamiento de 5 grados. Es decir, la brújula percibe la intensidad del campo magnético del imán y, como los polos magnéticos de la brújula y del imán son iguales, la aguja es repelida.

Al hacer la misma prueba con un imán de neodimio, la brújula percibe la fuerza del campo magnético a 13 cm, generándose, como en el caso anterior, un desplazamiento de 5 grados en la aguja.

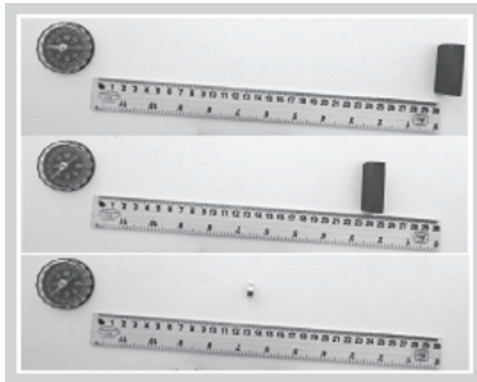


Figura 1. Medición simple de distancia

Esta prueba fue suficiente para iniciar con las contradicciones de la información comercial, ya que el imán de ferrita estaba etiquetado como de 4,500 gauss y el imán de neodimio de 10,000 gauss.

Otra prueba simple fue medir el peso que podía cargar cada imán, para lo que se usaron monedas de un peso. El resultado también fue contradictorio con la versión comercial, ya que nuevamente fue el imán de menor valor el que cargó mayor peso. El imán etiquetado como de 4,500 gauss cargó seis monedas y el imán de 10,000 gauss cargó tres monedas. La figura 2 muestra esta otra medición simple.



Figura 2. Medición simple de peso

Medición cuantitativa de la intensidad del campo magnético de imanes terapéuticos

Con base en estas pruebas cualitativas y a sus resultados contradictorios a simple vista, en este trabajo se decidió no usar la explicación teórica de la física, que sin duda es correcta, ya que la intención es ofrecer información práctica que ayude a los terapeutas a entender estos fenómenos. Por lo mismo se asumen como base de este trabajo las siguientes posturas:

La unidad gauss se refiera a la intensidad del campo en la superficie de la pieza imán. Para consideraciones terapéuticas, no se aconseja como referencia.

Se propone una medición estandarizada para medir la intensidad magnética y que se percibe a 2 cm de distancia del cuerpo del imán, ya que las aplicaciones terapéuticas tienen intención de afectar los órganos internos del cuerpo. A esta medición se le denominará Impacto Magnético, definiéndose como “la percepción de la intensidad del campo magnético y su polaridad evaluada en una zona puntual a 2 cm de distancia”. Esta zona puntual estará localizada en el centro del imán.

Se propone medir la distribución de la intensidad en la zona de influencia del imán, ya que el campo magnético no es uniforme. A esta medición se le denominará Pendiente Magnética de Expansión del Campo.

El medidor de Impacto Magnético es un dispositivo electrónico que usa sensores magnéticos comerciales y su diseño incluye una calibración especial, lo que permite una gama muy amplia de medición. Esta calibración es diferente a la que pueda tener un gaussímetro y su equivalencia queda definida por la distancia a la que se mide la intensidad del campo magnético.

La escala registrable va de 1,000 a 20,000 unidades de Impacto Magnético, lo cual cubre la mayoría de los imanes terapéuticos comerciales actualmente ofrecidos en el mercado.

Para tal efecto y usando la descripción técnica del transductor ofrecida por el fabricante, se considera el rango de respuesta en voltaje, el cual queda entre 0 – 5 volts. La polaridad positiva va de 0 – 2.5 volts y la negativa de 2.5 – 5 volts.

El circuito de control (PIC16F877A) cuenta con un conversor A/D de 10 bits, por lo que los valores del Impacto Magnético se capturan en un rango numérico de 1 – 1024 cuentas binarias y se

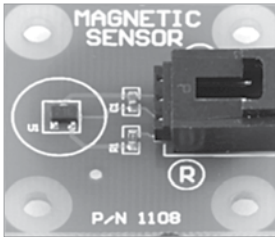


Figura 3. Sensor Magnético

interpretan como una respuesta lineal entre 1,000 y 20,000 unidades de impacto magnético, teniendo un rango de 2.5 volts para cada polaridad según la respuesta del sensor.²⁵ Esta es la calibración considerada como especial. Las características del sensor magnético (Figura 3) se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características del sensor magnético

Marca	Phidgets
Modelo	1108
Consumo de corriente	2 mA
Impedancia de salida	1 KW
Voltaje de salida (alimentación de 5 volts)	0.2 – 4.7 volts DC

²⁵ Luna Trillo, Victor Manuel. (2013) "El ABC de la Mecatrónica". Electrónica Steren, México

Voltaje de alimentación	4.5 – 5.5 volts DC
Error típico @ 25°C	+/- 5% Max
Sensibilidad	1 gauss/valor del sensor
Temperatura de operación	-20°C a 85°C

Como el transductor magnético tiene una señal de salida analógica entre 0 – 5 volts, el diseño electrónico se simplifica y se muestra en la figura 4



Figura 4. Diagrama del Medidor de Impacto Magnético

Como producto final mostrado en la figura 4, el Medidor de Impacto Magnético consta de un gabinete elaborado en madera para evitar interferencias magnéticas, una pantalla de visualización, un cable de comunicación a cualquier computadora personal con interfaz serial o USB y un software de operación.



Figura 5. Medidor de Impacto Magnético

El círculo central de la tapa, indica la posición del transductor magnético, por lo que la parte central del imán deberá colocarse en esa posición. En caso de que la ubicación de esta zona central no sea adecuada, la medición no será correcta, ya que la intensidad de cualquier imán se concentra en su centro y disminuye en sus extremos.

Al medir los imanes de los dos experimentos cualitativos comentados anteriormente, las lecturas del medidor de Impacto Magnético coincidieron totalmente con los resultados obtenidos, por lo que se confirma que el imán de ferrita (de 4,500 gauss comerciales) tiene una mayor intensidad ya que la lectura fue de 7,000 unidades de impacto magnético; por otro lado, el imán de neodimio (de 10,000 gauss comerciales) tiene una menor intensidad ya que la lectura fue de 2,500 unidades de impacto magnético.

La tabla 2 muestra los resultados de la medición de diferentes imanes de ferrita que se encontraron en el comercio, siendo L (largo), A (ancho) y E (espesor) las medidas base. Como podrá verse, no hay relación directa entre el valor *gauss* comercial y la unidad de Impacto Magnético, razón por la que no se recomienda usar la referencia *gauss* como medición terapéutica.

GAUSS	L cm	A cm	E cm	VOL cm ³	PESO gr	U.I.M.
700	4.8	1.8	0.4	3.46	18.10	2700
1100	4.7	2.2	0.9	9.31	46.20	5400
1500	4.5	2.2	1.1	10.89	54.60	7000
8000	8.5	5.5	2.5	116.88		14000
700	2		0.5	1.57	7.60	2100
900	2.8		0.8	4.93	26.70	5200
1000	5.4		0.4	9.16	45.70	1900
1500	5.4		0.8	18.32		6100
1500	5.4	2.6	0.8	14.07	97.50	4620
1000	4.5	2.2	0.8	9.68		3700

Tabla 2. Mediciones de imanes de ferrita

La tabla 3 muestra los resultados de la medición de diferentes imanes de neodimio que se encontraron en el comercio, siendo D (diámetro) y E (espesor).

GAUSS	D cm	E cm	VOL cm ³	PESO gr	U.I.M.
1200	0.5	0.2	0.04	0.3	100
2300	1	0.2	0.16	1.2	850
2500	1.2	0.3	0.34	2.6	1900
3600	1.2	0.5	0.57	4.5	3000
10000	4.1	0.4	5.28	56.5	15000

Tabla 3. Mediciones de imanes de neodimio

En el medidor del Impacto magnético, la visualización de la medición se da tanto en la pantalla del medidor como de la PC. También se reconoce la polaridad del imán, usando los colores tradicionales del Biomagnetismo en el que negro es la polaridad norte y rojo es la polaridad sur.

El formato de medición fue constante y se aplicó a todos los imanes de prueba.

Medición de la Pendiente Magnética de Expansión del Campo

La segunda parte de la investigación fue conocer el comportamiento de la intensidad a lo largo del campo magnético de influencia del imán.

Entre varias posibilidades, se decidió por un método de resolución corta que evalúa la fuerza en un espacio de 6 x 6 cm a través de un arreglo de 12 sensores colocados en 3 columnas y 4 filas. Esto significa que el campo magnético se mide sólo en estos puntos, considerando que es suficiente para emitir un juicio de su comportamiento. La distancia de separación entre cada fila es de 0.5 cm. La distancia de separación entre cada columna de sensores es de 3 cm.

Este conocimiento sigue siendo parte de una investigación básica y se ofrece para que los maestros y terapeutas la consideren y puedan aplicarlo en busca de mejores terapias y más beneficios para los pacientes.

La figura 6 muestra el arreglo de los 12 transductores magnéticos usados.

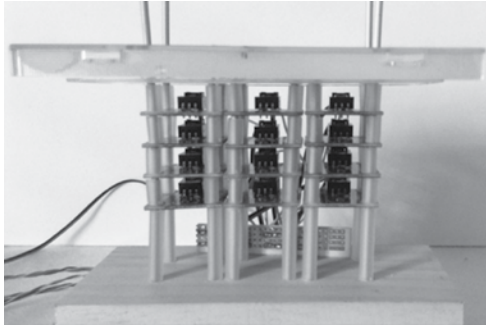


Figura 6. Arreglo de sensores magnéticos

El diseño del medidor se basa en un controlador de la marca Arduino Mega 2560 que permite la conexión directa de hasta 16 señales analógicas de los sensores de magnetismo modelo 1108 de la marca Phidgets. Los datos registrados en cada lectura y para compensar la variación que puedan tener al momento de la conversión el A/D, son leídos cinco veces y promediados antes de ser enviados a la PC a través del puerto de comunicación USB-Serial del microcontrolador. Estos son interpretados y graficados en la misma posición en la que se acomodaron los transductores en la matriz del equipo.

El dato más significativo encontrado es que el campo magnético, como ya lo había sugerido el medidor de Impacto Magnético, no se expande en forma homogénea, sino que la mayor intensidad del campo está en el centro del imán, disminuyendo en los extremos.

Las gráficas obtenidas en los imanes probados confirman esta idea, por lo que si se quiere impactar al cuerpo con la mayor intensidad magnética posible, habrá que considerar esta idea.

La figura 7 muestra las gráficas significativas de las pruebas realizadas con diferentes imanes.

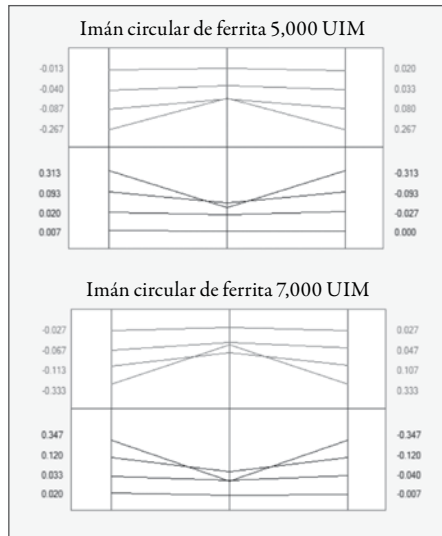


Figura 7. Pendiente Magnética de Expansión del Campo

La parte inferior de la gráfica, en color negro, representa las mediciones de la polaridad norte. La parte superior, en color rojo, representa las mediciones de la polaridad sur.

Los tres puntos de lectura, equivalente a cada columna de transductores, se indican a lo largo del Eje X y son los límites de cada segmento de recta que se van a interpretar calculando su pendiente. Para cuantificar este efecto, se calcula la pendiente de cada segmento y su valor se anota en el extremo de la gráfica

La pendiente se calcula con la ecuación clásica de: $m = \frac{y^2 - y^1}{x^2 - x^1}$

Como la mayor intensidad del campo magnético se da en el centro del imán, esta se presenta como el punto de inflexión entre las pendientes de las rectas de un extremo y otro con signo contrario.

Se usa un signo menos en la ecuación de la pendiente para compensar la medición de voltaje del transductor.

Así es como se comporta el campo magnético. En todos los casos estudiados, el imán genera un campo con estas características. La energía se expande y podríamos simplificar la idea diciendo que se expande en forma de punta tridimensional.

Reflexión sobre unidades de medición

Si hacemos un recorrido desde las unidades básicas, es evidente que la física estudia el comportamiento macroscópico de los cuerpos para determinar las leyes que los rige. La física de Newton establece las primeras bases científicas y las magnitudes fundamentales que propone son el espacio, la masa y el tiempo.

El espacio queda relacionado a los conceptos de distancia, extensión, longitud; la masa se refiere a la cantidad de materia que posee un cuerpo, su peso, su atracción que la Tierra ejerce sobre él; y el tiempo que se relaciona con la duración, la persistencia. En el sistema MKS, el espacio se mide en metros (m), la masa en kilogramos (kg) y el tiempo en segundos (s).

Otras magnitudes que se derivan en el contexto de espacio son la superficie, expresada en m^2 , y el volumen en m^3 . Si el cuerpo bajo estudio cambia su posición dentro de un espacio determinado y se asocia a una unidad de tiempo, se puede obtener su velocidad, representada por las unidades de m/s. Si se evalúa la variación de velocidad por unidad de tiempo, se determinará su aceleración, representada por las unidades m/s^2 .

Si se considera la masa de cuerpo bajo estudio, se llega al concepto de fuerza, expresada como la aceleración comunicada a la masa y determinada por la ecuación $F = m a$, y sus unidades son $Kg m / s^2$. La fuerza de atracción terrestre es constante y se denomina gravedad, $g = 9.81 m/s^2$. Por lo tanto, la masa de 1 Kg que es atraída por la Tierra es hecho con una fuerza de: $(1 Kg) * (9.8 m/s^2) = 9.8 \text{ Newton}$.²⁶

La fuerza aplicada a un cuerpo durante el recorrido de una trayectoria se le denomina Trabajo y se expresa como $W = F d$, y sus unidades son Newton * metro = Joule.

Por último, el trabajo realizado por unidad de tiempo se denomina Potencia, expresado en Joule / s = Watt.

La primera conclusión es: "A la capacidad de producir un trabajo, entendido como la fuerza aplicada a una distancia, se le llama energía". Energía es todo aquello que produce un trabajo, todo aquello que produce movimiento.

²⁶ Resnick Krane, Halliday. (1995) "Física 2". Cecs, México.

Al considerar este concepto de energía y relacionarlo con las magnitudes de electricidad y magnetismo, se puede explicar que, el campo magnético producido por una corriente eléctrica, es una forma de energía.

El ampere (símbolo A), es la unidad de intensidad de corriente eléctrica. Forma parte de las unidades básicas en el Sistema Internacional de Unidades. El ampere es la intensidad de una corriente constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.

El ampere es una unidad básica, junto con el metro, el segundo, y el kilogramo. Su definición no depende de la cantidad de carga eléctrica, sino que a la inversa, el coulomb es una unidad derivada y definida como la cantidad de carga desplazada por una corriente de un ampere en un período de tiempo de un segundo. Como resultado, la corriente eléctrica es una medida de la velocidad a la que fluye la carga eléctrica. Un ampere representa el promedio de un coulomb de carga eléctrica por segundo.

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C} / \text{s}. \text{ Despejando, el coulomb es } \text{A} \cdot \text{s}.$$

Esta corriente eléctrica genera un campo magnético expresado como un espectro formado por líneas de fuerza. La intensidad del campo magnético (A / m) queda definida por la intensidad de la corriente, y la cantidad de líneas de fuerza que se producen se le denomina Flujo Magnético y su unidad es el Weber (Wb).

El weber (símbolo Wb) es la unidad de flujo magnético en el Sistema Internacional de Unidades equivalente al flujo magnético que al atravesar un circuito de una sola espira produce en la misma una fuerza electromotriz de 1 volt si se anula dicho flujo en 1 segundo por decrecimiento uniforme.

$$\begin{aligned} 1 \text{ volt} &= \text{m}^2 \cdot \text{kg} / \text{s}^3 \cdot \text{A} \\ \text{Wb} &= 1 \text{ V} \cdot \text{s} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} / \text{s}^2 \cdot \text{A} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2 \end{aligned}$$

La inducción magnética, definida como la cantidad de líneas de fuerza que atraviesa perpendicularmente la unidad de superficie, indica lo densas que son las líneas de fuerza, o lo concentradas que están en una parte del campo magnético. Se representa por la letra griega B y sus unidades son la Tesla (T) y el Gauss en el sistema cgs.

$$1 \text{ Tesla} = \text{kg} / \text{s}^2 \cdot \text{A}$$

$$1 \text{ Tesla} = 10^4 \text{ Gauss}$$

Sustituyendo la equivalencia de que 1 ampere es igual a 2×10^{-7} Newton y las unidades del Newton son $\text{m} \cdot \text{Kg} / \text{s}^2$, se llega a que el valor de la Tesla es inversamente proporcional a la distancia.²⁷

La segunda conclusión, también resultado de un conocimiento empírico evidente, es: “La intensidad del campo magnético, resultado del flujo magnético y la inducción magnética, es inversamente proporcional a la distancia, siendo la mayor en la superficie del elemento eléctrico que lo produce”.

Por lo tanto, el Impacto Magnético tiene las mismas unidades que el *gauss*. Este trabajo solamente propone la consideración de esta magnitud como una forma adicional a evaluar el comportamiento de los imanes terapéuticos. Esta información podrá ayudar a los médicos y terapeutas a conocer mejor la intensidad magnética a la que se somete el paciente.

Resultados y discusión

Los hallazgos encontrados establecen las bases para conocer el comportamiento e intensidad del campo magnético que tenga intención de aplicarse a un órgano del cuerpo. Con esta información, el grupo de terapeutas en biomagnetismo pueden tener tres formas de cuantificar las características de los imanes usados en sus terapias, con el beneficio de conocer el estímulo-efecto que puede generar cada uno.

El dato más relevante que surge es la distribución de la intensidad que, aunque está evaluado solamente en 12 puntos del espec-

²⁷ Ibidem.

tro, arroja información no contemplada hasta el momento por los terapeutas y sí documentada en textos científicos.^{28 29}

La referencia de medición útil para los terapeutas podría ser considerar solamente el valor de la primera pendiente magnética de expansión del campo o la pendiente resultante entre el valor de la cuarta y la primera, pudiendo representarse este valor como:

$$\text{Valor de referencia} = M1 - M4$$

Para el imán de ferrita de 7,000 UIM de la figura 7, el primer nivel de la pendiente es 0.347 y si se considerara el cuarto nivel, el valor de referencia cambiaría a 0.327.

Por otro lado, y para confirmar la medición de ésta pendiente magnética de expansión del campo, la tabla 4 muestra una forma más recomendada para conocer esta distribución de la intensidad que se obtendría a través de un mapeo de toda la superficie del imán. En una prueba preliminar, midiendo un imán de ferrita con dimensiones de 43x22x10mm, en la zona del primer nivel de la pendiente y en intervalos de 7mm,² se obtuvieron los siguientes datos, haciendo una medición directa de voltaje:

3.16	3.38	3.48	3.53	3.45	3.27	3.04	Serie1
3.26	3.53	3.69	3.72	3.66	3.47	3.22	Serie2
3.16	3.35	3.52	3.57	3.51	3.35	3.11	Serie3

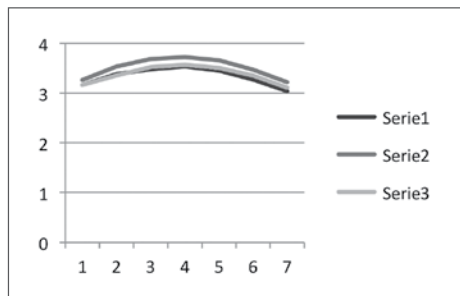


Figura 8. Distribución de la intensidad magnética

²⁸ Webster, John G. (2008) "Medical Instrumentation Application and Design", USA

²⁹ Tipler, Paul Allen, (2010) "Física para la ciencia y la tecnología" Vol. 2 Electricidad y magnetismo, Editorial Reverte, 6ª Edición

La figura 8 muestra que la serie 1 y 3 refieren los extremos del imán y la serie 2 se refiere a la línea central, en donde se aprecia que los valores son mayores por concentrar mayor masa el imán. Por lo tanto, una referencia con más información terapéutica útil adicional a la de medición de la intensidad en *gauss* sería incluir el Impacto Magnético y la Pendiente Magnética de Expansión del Campo.

Para el caso de las gráficas de la figura 7, esta información quedaría de la siguiente forma:

- Imán ferrita, 29 mm de diámetro, 8 mm espesor
- 5,000 unidades de impacto magnético
- .306 unidades de P MEC
- Imán ferrita, dimensiones 43x22x10mm
- 7,000 unidades de impacto magnético
- .327 unidades de P MEC

Al reflexionar sobre la pendiente magnética de expansión del campo, surge la siguiente pregunta de investigación:

La distribución de la intensidad genera una doble pendiente, cada una con signo contrario. Si se considera una referencia absoluta, es obvio que ambas rectas, ambas pendientes, están en la misma zona de color de la gráfica, es decir, en la misma polaridad del imán. Pero si se considera una referencia relativa, tomando solamente el comportamiento de las rectas y los signos contrarios de cada pendiente, surge una pregunta que no parece ociosa: El campo magnético que se percibe en una cara del imán y que se entiende como uno de sus polos, ¿tiene una doble polaridad?³⁰

Su respuesta requiere de otros equipos y otros paradigmas que nos permita profundizar en el tema, por lo que queda como propuesta de futuras investigaciones. La única respuesta que se puede

³⁰ Tipler, Paul Allen, (2010) "Física para la ciencia y la tecnología" Vol. 2 Electricidad y magnetismo, Editorial Reverte, 6ª Edición

concluir en este momento se apega al conocimiento de las terapias naturales, pero está en reserva ya que su fundamento es cuestionado desde la ciencia formal. Este conocimiento se basa en las denominadas ciencias culturales y su respuesta podría encontrarse en el saber milenario de filosofías orientales y de la Medicina Tradicional China.

Entre uno de sus pilares filosóficos está el concepto del Yin y del Yang, que se refiere a dos energías fundamentales. Una de sus definiciones más simples dice que “Todo fenómeno o cosa en el universo conlleva dos aspectos opuestos; son dos fuerzas en contradicción y en interdependencia; su relación, es la ley universal del mundo material; son el principio y razón de la existencia de las cosas y causa primera de la existencia y desaparición de todas ellas”.³¹

Su símbolo marca esta doble dependencia y se representa en la figura 9. Es decir, la parte Yin contiene una pequeña parte Yang y, por otro lado, la parte Yang tiene una pequeña parte Yin.



Figura 9. Símbolo del Yin y del Yang

Otro resultado muy interesante que se puede concluir con base al registro del Medidor de la Pendiente Magnética de Expansión del Campo, es que si una intención terapéutica es someter al cuerpo a una sola polaridad magnética, entonces habría que poner el imán sobre su canto, no sobre una de las dos caras del imán. Haciéndolo, la Pendiente Magnética de Expansión del Campo muestra un solo signo a lo largo de toda la pendiente como se presenta en la figura 10.

³¹ Gobierno Chino (2009) “Fundamentos de Acupuntura y Moxibustión de China”, Edit. Berbera, México

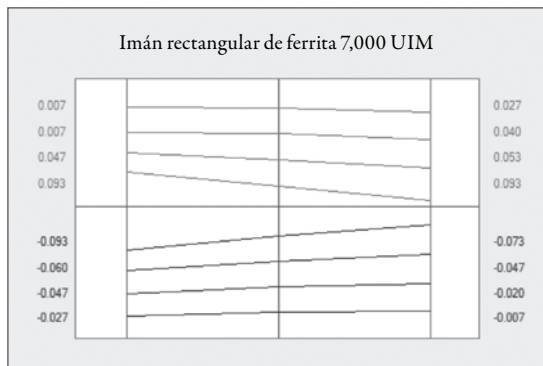


Figura 10. Pendiente Magnética de Expansión del Campo (imán colocado de canto)

Esta prueba demuestra que el estímulo del campo magnético es de la misma polaridad a lo largo de la zona registrada.

Otro comentario que se debe hacer sobre la práctica terapéutica diaria, es el uso recurrente por muchos terapeutas en biomagnetismo de imanes con inductor. La figura 11 muestra esta configuración que se logra a partir de imanes de dona, los cuales son usados comúnmente en bocinas de audio.

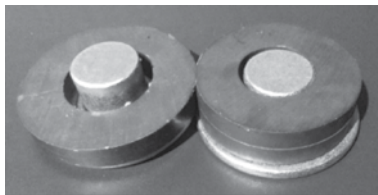


Figura 11. Imanes con inductor

Con base en la información obtenida tanto con las pruebas cualitativas de laboratorio propuestas en este artículo para conocer la intensidad del campo magnético como con las mediciones del medidor de Impacto Magnético y del medidor de la Pendiente Magnética de Expansión del Campo, no se ha logrado comprobar lo que se dice sobre el funcionamiento de este tipo de imanes. Por el momento y hasta llegar a un mejor entendimiento, esta investigación no recomienda el uso de estos imanes con inductor,

pues la combinación de polaridades y el campo magnético resultante, no siguen un patrón constante, pues depende de la forma y tamaño de los elementos usados (imán e inductor) ocasionando que la polaridad del campo cambie a lo largo de su expansión. Esta conclusión se hace evidente y medida con los dos equipos desarrollados en esta investigación.

Reflexiones finales

El ideal de la transmisión de un conocimiento en el área de la salud, considerando a cualquier rama de la medicina, no consiste en comunicar hechos ni creencias establecidas, sino hacer ver las razones que dan sustento a esa teoría para que el estudiante, el investigador y el profesional las examine por sí mismo. Es indudable que la medicina, no importando el paradigma que se tenga, debe tener un soporte científico resultado del cuestionamiento a la información disponible y no solamente la que se obtiene a través de verdades inamovibles.

Los resultados de la investigación muestran un nuevo conocimiento en la cuantificación de los imanes terapéuticos y de su campo magnético, abonando al conocimiento de la biomagnetometría. Este conocimiento queda como una base importante para la selección de los imanes usados en las terapias de esta disciplina y también para estudiar los posibles efectos que se pueden causar en el cuerpo. Estas investigaciones se deberán desarrollar en estudios posteriores.

Por el momento, queda la propuesta de medir dos magnitudes muy puntuales:

- La medición del Impacto Magnético
- La medición de la Pendiente Magnética de Expansión del Campo

Las cuales ofrecen mayor información a los terapeutas sobre las características de los imanes.

No cabe duda que las distintas técnicas conocidas para aplicar las terapias de Biomagnetismo están mejorando día a día en

cuanto a la eficacia para lograr alcanzar el restablecimiento de la salud en las personas, sin embargo, es necesario estandarizar la transmisión de conocimientos en lo que respecta a las características de los imanes permanentes y el efecto que estos causan al momento de estar en contacto por determinado tiempo sobre el cuerpo humano.

El reto de futuras investigaciones será formar grupos multidisciplinarios compuestos por investigadores de ciencias como la física, las matemáticas, ingeniería biomédica, médicos, biólogos y terapeutas con los conocimientos y experiencia necesarias para implementar de manera segura y eficiente, protocolos en la aplicación de terapias que continúen beneficiando a los pacientes que buscan estas alternativas de tratamiento a sus enfermedades.

En adelante los diferentes campos de estudio de la Biomagnetología deben permitir a terapeutas, investigadores y pacientes un acercamiento a la generación de conocimiento que sirva de evidencia para el desarrollo de una práctica clínica más segura en el uso de los imanes en el cuerpo humano. Es de vital importancia que se dé seguimiento, cuantificación y valoración continua de los efectos de la terapia aplicada, de esta manera se dará un paso importante hacia la profesionalización de esta rama de la medicina complementaria.

Será objetivo en todo momento del proyecto, en apego a la intención de la ciencia de difundir y colaborar en el desarrollo del conocimiento, el buscar alianzas con los grupos de trabajo en el tema de Biomagnetismo, con apego a la normatividad de la Universidad La Salle y de los centros de investigación, continuando con el trabajo y la participación de estudiantes y profesores de ingeniería biomédica.

Agradecimientos

Los autores agradecen las facilidades, apoyo y una parte de financiamiento de este proyecto a la Facultad de Ingeniería de la Universidad La Salle Ciudad de México.

Fuentes

- Almaguer G, Vargas V, García J, Ruiz A. Fortalecimiento y relación intercultural con la medicina tradicional: Manual para el personal de salud. DGPLADES, 2013. 26-3
- Biomagnetismo Médico. Disponible en: <http://biomagnetismo.com.mx> [Consultado en: Diciembre 2014]
- Centro de Biomagnetismo Médico Anahuacalli. Disponible en: <http://biomagnetismomedico.org.mx/> [Consultado en Diciembre 2014].
- Centro Ohani. Disponible en: <http://www.ohani.cl/biomagnetismo3.htm> [Consultado en: Diciembre 2014]
- Colegio Mexicano de Ajuste Bio-Magnético. Disponible en: <http://ajuste-biomagneticoth.com.mx/quienes-somos.html> [Consultado en: Diciembre 2014]
- Colegio Mexicano de Biomagnetismo Médico. Disponible en: <http://biomagnetismo.biz/> [Consultado en: Diciembre 2014].
- DGPLADES. Dirección General de Planeación y Planeación en Salud. DGPLADES, 2013. Disponible en: <http://www.dgplades.salud.gob.mx/interior/dmtdi.html> [Consultado: Diciembre 2014].
- DGPLADES. Marco legal de la medicina tradicional y las medicinas complementarias. Dirección de Medicina Tradicional y Desarrollo Intercultural.
- Gobierno Chino (2009) “Fundamentos de Acupuntura y Moxibustión de China”, Edit. Berbera, México
- Goiz Durán, Isaac. (1999) “El Par Biomagnético”. México.
- Gutiérrez Morales, Sergio A. R. (2001) “Biomedicina. Fundamentos, práctica clínica e Investigación”, Mandala Ediciones. Madrid, España.
- H. L. Bansal, (2005) “Curación Magnética”, Editorial Yug,
- Instituto de Magnetismo Holístico Celular Hispanoamericano, 2012. Disponible en: <http://www.par-bio.com/Pages/default.aspx> [Consultado en: Diciembre 2014]
- Katzung, B. G. (2006). *Basic & clinical Pharmacology*. New York: Lange Medical Books-McGraw-Hill Medical.

- Ley Marco en materia de medicina tradicional –Propuesta elaborada para el Parlamento Latinoamericano- Comisión de Salud del Parlamento Latinoamericano, 2009. 18-5.
- Luna Trillo, Victor Manuel. (2013) “El ABC de la Mecatrónica”. Electrónica Steren, México
- Mambretti, Giorgio, Séraphin, Jean. (2010) “La medicina patas arriba”, Ediciones Obelisco. Madrid, España
- Martínez Albarrán, José Eduardo. “Biomagnetismo Médico y sus Aplicaciones” Ediciones Orión, Buenos Aires, Argentina, 1997
- Resnick Krane, Halliday. (1995) “Física 2”. Cecsca, México.
- Rodríguez Carranza, Rodolfo, Vidrio López, Horacio, Campos Sepúlveda, Alfonso Efraín. “Guía de Farmacología y Terapéutica”, McGraw Hill, México, 2009
- Sodi Pallares, Demetrio. (2009) “Magnetoterapia y Tratamiento Metabólico”, Ed. GrafiCava México.
- Salas Velasco, Antonio. (2012) “Biomagnetismo y Espiritualidad. Como entender y aplicar cuánticamente un modelo biomagnético”. Ediciones Índigo. México
- Tipler, Paul Allen, (2010) “Física para la ciencia y la tecnología” Vol. 2 Electricidad y magnetismo, Editorial Reverte, 6ª Edición
- Vendrell Covisa, Javier. (2012) “El ABC del Médico”, Editorial LIBSA, Madrid, España
- Webster, John G. (2008) “Medical Instrumentations Application and Design”, USA