

# Un mundo

Francesc Lloret Pastor

# magnético

La omnipresencia de los imanes



# Un mundo magnético

La omnipresencia de los imanes

Francesc Lloret Pastor

PREMIO EUROPEO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA  
ESTUDI GENERAL 2023

**UCC*i***  
UNITAT DE CULTURA CIENTÍFICA I D'INNOVACIÓ  
VNIVERSITAT ID VALÈNCIA

**PUV** PUBLICACIONS  
VNIVERSITAT  
ID VALÈNCIA



Directora de la colección:  
Carolina Moreno

Coordinación:  
Soledat Rubio

*Esta publicación no puede ser reproducida, ni total ni parcialmente, ni registrada en, o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, ya sea fotomecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia o por cualquier otro, sin el permiso previo de la editorial. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.*

© Del texto:

Francesc Lloret Pastor, 2024

© De la presente edición:

Unitat de Cultura Científica  
i de la Innovació de la Universitat de València  
[www.valencia.edu/cdciencia](http://www.valencia.edu/cdciencia)  
[cdciencia@uv.es](mailto:cdciencia@uv.es)

Publicacions de la Universitat de València, 2024  
[www.uv.es/publicacions](http://www.uv.es/publicacions)  
[publicacions@uv.es](mailto:publicacions@uv.es)

Producción editorial: Maite Simón

*Interior*

Diseño y maquetación: Inmaculada Mesa  
Corrección: David Lluch

*Cubierta*

Diseño original: Enric Solbes  
Grafismo: Inmaculada Mesa

ISBN: 978-84-1118-373-4 (papel)

ISBN: 978-84-1118-374-1 (ePub)

ISBN: 978-84-1118-375-8 (PDF)

Edición digital

*A mi esposa, Isabel,  
y a mis hijas Isa y Carla*

*Premis Literaris Ciutat d'Alzira 2023*

Esta obra obtuvo el XXIX Premi Europeu de Divulgació Científica Estudi General, instituido por la Universitat de València y el Ayuntamiento de Alzira. Formaban el jurado José Ramón Alonso, Rosa M. Donat, Anabel Forte, Carolina Moreno y Juan Nácher.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	11
<b>Capítulo 1. HISTORIA DEL MAGNETISMO .....</b>	<b>17</b>
LOS IMANES EN LA ANTIGÜEDAD.....	17
WILLIAM GILBERT Y LA CIENCIA MODERNA.....	25
MESMER Y EL «MAGNETISMO ANIMAL» .....	31
EL AUGUE DE LA CIENCIA MODERNA.....	34
MAGNETISMO MICROSCÓPICO: EL ELECTRÓN, EL IMÁN ELEMENTAL .....	47
EL EXPERIMENTO DE STERN-GERLACH.....	51
<b>Capítulo 2. GEOMAGNETISMO.....</b>	<b>59</b>
EL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE Y LA MAGNETOSFERA.	59
LA HELIOSFERA: EL VIENTO SOLAR Y LA RADIACIÓN CÓSMICA .....	66
COMPOSICIÓN DEL CENTRO DE LA TIERRA Y ORIGEN DEL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE .....	71
OSCILACIONES DEL CAMPO Y LOS POLOS MAGNÉTICOS ....	75
INVERSIONES DE LOS POLOS MAGNÉTICOS: PALEOMAGNE- TISMO .....	78
CONSECUENCIA DE LAS INVERSIONES GEOMAGNÉTICAS...	82
LA DRAMÁTICA EXCURSIÓN MAGNÉTICA DE LASCHAMPS..	86
EL CAMPO MAGNÉTICO DEL SOL .....	89
LOS CAMPOS MAGNÉTICOS DE LOS PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR.....	90
EL CAMPO MAGNÉTICO INTERESTELAR .....	95

<b>Capítulo 3. MAGNETOBIOLOGÍA</b> .....	99
BIOMAGNETISMO Y MAGNETOBIOLOGÍA.....	99
BIOMAGNETISMO: MAGNETOENCEFALOGRAMA Y MAGNETOCARDIOGRAMA .....	100
MAGNETOBIOLOGÍA: MAGNETORRECEPCIÓN Y MIGRACIONES.....	103
ORIENTACIÓN MAGNÉTICA EN BACTERIAS: BACTERIAS MAGNETOTÁCTICAS .....	105
MAGNETITA EN CÉLULAS EUCARIOTAS.....	112
NEURONAS MAGNETOSENSORAS EN <i>C. ELEGANS</i> .....	113
LA ORIENTACIÓN DE LAS PALOMAS MENSAJERAS Y LAS AVES MIGRATORIAS.....	116
EL CAMPO MAGNÉTICO EN LA MIGRACIÓN DE LAS AVES ...	118
¿MURCIÉLAGOS CON MAGNETOFOTORRECEPTORES? .....	121
FOTOMAGNETORRECEPCIÓN EN LOS INSECTOS.....	122
MARIPOSAS MONARCA: EL PRODIGIO DE LA CUARTA GENERACIÓN .....	123
DEL AIRE AL OCEANO.....	127
LA MIGRACIÓN DE LAS ANGUILAS.....	130
¿MAGNETORRECEPCIÓN EN HUMANOS?.....	136
<b>Capítulo 4. GRANDES ELECTROIMANES</b> .....	139
LA APARICIÓN DE LOS ELECTROIMANES .....	139
LA LLEGADA DE LOS SUPERCONDUCTORES .....	140
OBSERVANDO EL INTERIOR DEL CUERPO: RMN POR IMÁGENES .....	142
IMANES PARA COMPRENDER EL ORIGEN DEL UNIVERSO: EL CERN.....	150
UN SOL ARTIFICIAL: LA FUSIÓN NUCLEAR.....	155
ITER, LA GRAN ESPERANZA .....	162
OTRO PODEROSO IMÁN PARA EL REACTOR SPARC.....	166
TRENES QUE VUELAN: EL MAGLEV .....	167
UN SUEÑO MUY VIEJO.....	169



<b>Capítulo 5. NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS .....</b>	<b>173</b>
LA NANOTECNOLOGÍA .....	173
NANOCIRUJANOS: NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS CONTRA EL CÁNCER .....	176
BIONANORROBOTS: BACTERIAS MAGNETOTERAPÉUTICAS.	181
GRABACIÓN MAGNÉTICA .....	183
NANOBITS: MÁS RÁPIDO, MÁS CAPACIDAD, MÁS LIGERO, MÁS PEQUEÑO, MÁS SEGURO, MÁS BARATO, MÁS... .....	186
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	 197
ÍNDICE Y CRÉDITOS DE LAS IMÁGENES .....	205



## INTRODUCCIÓN

A todos, con independencia de nuestra edad o formación, nos ha llamado la atención esa misteriosa fuerza invisible que poseen los imanes para interactuar a distancia, para repelerse o atraerse entre sí, incluso para atraer no solo imanes, sino también clavos u otros objetos de hierro sin tocarlos directamente. Aunque se interponga una lámina de plástico o madera entre el imán y el objeto no se interrumpe la atracción, milagrosamente ¡se siguen atrayendo!, y..., para más desconcierto y confusión, si estos objetos se frotan con el imán..., ¡también se vuelven imanes! Como si alguna especie de espíritu o presencia inmaterial contenida en el imán fuera capaz de transferirse a ese otro objeto.

Esta aparente magia que emana el imán ha sido invocada por iluminados, falsos expertos y curanderos de todo tipo para curar o sanar mediante el influjo magnético, atribuyéndole virtudes que de ningún modo posee. Tal comportamiento ante lo desconocido y misterioso parece ser propio de la naturaleza humana.

Como anécdota curiosa, me comentaba un conocido investigador en el campo del magnetismo que coincidió en un viaje en tren con un personaje extrovertido y charlatán que le preguntó a qué se dedicaba. El paciente científico le contestó que se dedicaba al magnetismo, a lo que el charlatán respondió: «Hombre, me alegro de viajar con un colega. ¡Yo también trabajo en un circo!».

Curiosamente, aunque nos encontramos en la era de la alta tecnología, en la que se usan a todas horas imanes, desde que nos levantamos hasta que nos acostamos, el imán sigue siendo un gran desconocido, un prodigio que encierra un secreto. La mayor parte de las personas no han recibido formación alguna sobre esta materia, lo que las hace extremadamente crédulas a todos aquellos infundios sobre los imanes. Hay que admitir que el magnetismo es complejo y que resulta difícil eliminar ese halo misterioso que lo acompaña.

También es cierto que, desde hace años, sobre este tema se está desarrollando y generalizando una pseudociencia, esto es, una serie de teorías o procedimientos que pretenden ser científicos, pero que en realidad no lo son. Se podría pensar que una buena educación y preparación técnica podría salvaguardar contra la pseudociencia; sin embargo, en ocasiones, resulta muy difícil, por no decir imposible, separar la ciencia de la pseudociencia. A diferencia del escepticismo que caracteriza a la ciencia, la pseudociencia se alimenta de credulidad. No requiere demostraciones. Basta con un vocabulario confuso para definir conceptos vagos. La pseudociencia puede llegar a ser muy dañina cuando entra en el campo de la medicina; ya sea por promover falsos diagnósticos o por aplicar remedios contraproducentes. En cualquier caso, siempre puede causar un daño al impedir que el paciente siga el tratamiento médico convencional, el único que podría conseguir sanarlo. El efecto placebo puede, por sugestión, sedar o paliar, pero no curar. En el caso del magnetismo, el peligro surge de las falsas terapias magnéticas que imprudentemente recomiendan ciertos tratamientos magnéticos a personas ingenuas o fanáticas, pero absolutamente ignorantes en la materia, así como de comerciantes sin escrúpulos.

Un ejemplo es la venta de las pulseras magnéticas que empezaron a comercializarse hace unos años. Según su promotor, las milagrosas pulseras reaccionaban positivamente con el campo magnético del cuerpo y proporcionaban equilibrio, fuerza y flexibilidad. Estas pulseras se agotaban nada más llegar a las tiendas y el número de reservas excedía con creces las unidades que salían al mercado. Un negocio tan fructífero hizo que surgieran multitud de competidores que trataban de comerse su parte del pastel. Rápidamente se multiplicaron las marcas de pulseras cuyos nombres incluían sustantivos o adjetivos normalmente en inglés, como *equilibrium*, *balance*, *powerplus*, *power*, *energy*, *harmony*, etc. Todas ellas ofrecían los mismos milagros y, sorprendentemente, contaban con una clientela tan diversa como miembros del gobierno, políticos, artistas famosos, futbolistas, conocidos periodistas y un largo etcétera (González, 2019).

Por la misma época, diferentes empresas empezaron a comercializar imanes terapéuticos. Con un lenguaje pseudocientífico aseguraban que sus productos magnéticos (plantillas, almohadillas, antifaces, fajas para adelgazar, ropa interior para acabar con la impotencia, etc.) podían prevenir, diagnosticar y curar numerosas enfermedades.

Cada vez son más frecuentes los anuncios que promocionan productos no verificados basándose en principios falsos. Entre ellos se podrían incluir todos los dispositivos relacionados con el agua magnética o imanada, es decir, agua que ha estado en presencia de imanes permanentes y ha adquirido virtudes extraordinarias. Para ello se colocan imanes o bien a los lados de la tubería por donde circula el agua o bien en los filtros que se enroscan en el grifo, con lo que el agua se magnetiza y se curan todas las enfermedades imaginables. La podríamos denominar la versión laica del «agua de Lourdes». Les puedo asegurar que ambas obran exactamente los mismos milagros.

Incluso hace poco, en plena crisis de la COVID-19, los «antivacunas» echaron mano del sufrido magnetismo para advertir sobre la peligrosidad de los componentes de las vacunas y convencer a los indecisos de que no se inocularan estos fármacos. Con la inestimable ayuda de las redes sociales, llevaron este mito a su máximo nivel, haciendo circular por internet vídeos de auténticos «brazos magnéticos» que atraían tenedores, cucharas o monedas, que quedaban pegados en el hombro donde se había inyectado la vacuna. Algunos negacionistas han ido más allá asegurando que, con la vacuna, se introduce un «microchip magnético» para controlarnos.

Varias asociaciones de consumidores denuncian constantemente estas estafas y los peligros que conllevan, pero los timadores siempre acaban lucrándose. Desgraciadamente, podríamos seguir escribiendo varios capítulos sobre fraudes y mitos basados en los imanes y en el magnetismo. Lo cierto es que el magnetismo nos acompaña insistente y discretamente a lo largo de nuestra vida, desde el cierre de la puerta de nuestro frigorífico hasta el deporte, la medicina, el coche, las comunicaciones... El disco duro del ordenador, el vídeo, el *pendrive*, las tarjetas de crédito, los transformadores y generadores, la televisión, los auriculares, el móvil, los equipos de telecomunicaciones y un larguísimo etcétera. Todos estos elementos, tan familiares en las primeras décadas del siglo XXI, están basados en efectos magnéticos cuya influencia en la vida cotidiana es decisiva. Incluso, la propia vida en el planeta está ligada a la existencia de un campo magnético terrestre.

El primer capítulo relata y analiza la historia del magnetismo. Aunque la mayor parte de los avances y las aplicaciones del magnetismo son recientes, la historia ayuda a entender resultado final y la dificultad de conseguirlo.

Dado que la vida en la Tierra es posible gracias a la existencia de una magnetosfera que nos protege de las altas radiaciones cósmicas, en el segundo capítulo se estudia el origen y la evolución del campo magnético terrestre (el geomagnetismo), así como su influencia en el desarrollo de la vida en nuestro planeta. Las temibles inversiones de los polos magnéticos se revisan a la luz de los últimos cambios y anomalías del campo magnético terrestre (el paleomagnetismo). Este capítulo también recoge las recientes investigaciones sobre los campos magnéticos de otros planetas y estrellas, así como su papel en la evolución del universo.

Nuestro propio cuerpo es capaz de crear pequeños campos magnéticos (biomagnetismo). Vivimos y nos desenvolvemos en un mundo magnético, por lo que no es de extrañar que los seres vivos hayan desarrollado capacidades y habilidades para detectarlo y usarlo (magnetobiología). Desde las simples bacterias hasta los animales más complejos biosintetizan nanopartículas magnéticas (biomineralización) que les permiten desarrollar brújulas naturales para detectar el campo magnético y orientarse por él (magnetodetección), y así poder realizar sorprendentes y extraordinarias migraciones, las cuales se recogen y examinan en el capítulo tercero.

El cuarto capítulo está dedicado a los colosales electroimanes superconductores y a algunas de sus aplicaciones en diferentes áreas: la medicina (la resonancia magnética por imágenes), el mundo subatómico (colisionadores de partículas), el sector energético (la fusión nuclear) y el transporte (trenes que levitan magnéticamente, MagLev). Finalmente, el capítulo quinto se dedica al mundo nanoscópico, los nanoimanes o nanopartículas magnéticas y sus implicaciones en medicina (los nanocirujanos) e informática (bits y nanobits).

Podemos decir que la revolución que está experimentando el ámbito tecnológico y que afectará, sin duda, a la vida cultural, política y social del presente siglo, es producto, en gran medida, del desarrollo de la microelectrónica y de la alta tecnología basada en el electromagnetismo. La ciencia del magnetismo se ha vuelto crucial tanto en nuestra tecnología, como medio ideal de almacenamiento de datos en sustratos magnéticos, como en medicina y en cualquier campo de la ciencia (Grande, 2003).

No pretendemos, sin embargo, ser exhaustivos. Se ha seleccionado lo que parecía más relevante o interesante. El objeto fundamental de la presente revisión divulgativa es visualizar el impacto del magnetismo en nuestra vida cotidiana y futura. Se ha tratado de utilizar un lenguaje sencillo y, dentro de lo posible, sin tecnicismos e incluir la mínima cantidad de fórmulas y ecuaciones, pero en todo momento se ha intentado mantener la rigurosidad científica del contenido.



## Capítulo 1

### HISTORIA DEL MAGNETISMO

#### LOS IMANES EN LA ANTIGÜEDAD

El magnetismo es un fenómeno conocido desde la más remota antigüedad. En el papiro de Ebers, que data del año 3600 a. C., se explica cómo los egipcios utilizaban la magnetita (ferrita o piedra imán) en preparaciones médicas y como amuleto. Algunos escritos chinos incluso anteriores, aproximadamente del año 4000 a. C., ya mencionan la magnetita bajo el nombre de *hierro meteórico*. Una leyenda cuenta que Cleopatra, para retrasar el proceso de envejecimiento, dormía con una piedra imán sobre la frente.

No es sorprendente que los filósofos antiguos, al explicar las propiedades insólitas de los imanes, las consideraran divinas. Se les dedicaban versos y se les atribuían centenares de inverosímiles virtudes. Fueron probablemente los griegos quienes primero reflexionaron sobre sus sorprendentes características. Así aparece en los escritos de Tales de Mileto (624-546 a. C.). Platón (428-348 a. C.), en su diálogo *Ion* (o *Sobre la Iliada*), escribe:

... la magnetita no solo atrae anillos de hierro, sino que les transfiere un poder similar para atraer otros anillos. De esta manera, se forman cadenas de anillos colgados unos con respecto a otros...

El nombre actual de magnetismo viene de *magnes-magnetes*, que probablemente proviene a su vez del griego por referencia a Magnesia, zona de Asia central donde abunda el mineral magnetita (un óxido de hierro también llamado ferri-*ta*,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), que constituye el imán natural o piedra imán. Así al menos lo relatan algunos escritos de Tales de Mileto que corrobora Lucrecio Caro (98-55 a. C.) en su *De rerum natura* (Sobre la naturaleza de las cosas), en donde relata las curiosas propiedades de una roca negra de las proximidades de la ciudad de Magnesia del Meandro (Carbonell, 2017).

Otro posible origen de la palabra se atribuye a Plinio el Viejo (23-79 d. C.), quien, en uno de sus escritos, cuenta la historia del pastor griego Magnes, que al intentar subir sobre una gran roca negra se dio cuenta de que los clavos de la suela de su calzado y la punta de su cayado se pegaban a la piedra. Cualquier objeto de hierro quedaba pegado en la gran roca. Llevó al pueblo algunos pedazos de piedra y se convirtieron en el juguete de pequeños y mayores. Se las llamó «piedras de Magnes»; de ahí el nombre de magnetita. Esta poética versión es tan válida como la anterior, solo que la primera fue propuesta unos cinco siglos antes y, además, Magnesia del Meandro se halla a unos pocos kilómetros de Mileto, ciudad natal de Tales, por lo que es razonable pensar que el famoso filósofo conocía perfectamente la denominada piedra magnética.

Desde muy antiguo se le han atribuido virtudes curativas. Por ejemplo, el griego Hipócrates (460-370 a. C.) recomendaba:

... si la cavidad uterina no retiene el semen viril, toma plomo y saca de la piedra que atrae el hierro un polvo fino, envuelve todo en tela de lino humedecida con leche de mujer, y luego aplícalo como fomento contra la matriz.

Siendo los griegos un pueblo que se interesaba por la naturaleza, no es de extrañar que surgieran las primeras teorías para explicar las maravillas del magnetismo. La escuela de los filósofos animistas le atribuía un origen divino. Filósofos como Tales, Anaxágoras y otros, todos ellos animistas, creían que la piedra imán poseía un alma (ánima).

Diógenes de Apolonia (460 a. C.), contemporáneo de Anaxágoras, perteneciente a la escuela de los filósofos mecanicistas o atomistas, decía: «... es la humedad del hierro de la que se alimenta la sequedad del imán...».

Esta idea de que los imanes se alimentan de hierro también fue una superstición que duró varios siglos. Tuvieron que pasar unos dos mil años para que Giovanni Battista della Porta (1535-1615), ya en el siglo XVI, mostrara la falsedad de tal idea.

Por la época de Diógenes de Apolonia aparecieron diversas teorías, entre las que destacan, por su sofisticación, aquellas que sostenían que el magnetismo se debía a los «efluvios», unas emanaciones invisibles. Uno de sus pioneros fue Empédocles (494-434 a. C.), y posteriormente Demócrito (470-370 a. C.) y Epicuro (341-270 a. C.). Puesto que los atomistas fueron los fundadores de la teoría atómica, no es de extrañar que imaginaran una exhalación de partículas que salían del imán, rompían el aire y creaban un vacío entre el hierro y el imán que causaba la unión de ambos. Esta teoría perduró varios siglos. En este sentido, Lucrecio Caro escribía:

... debe ser que de esta piedra fluyan muchísimas partículas o una efluencia que, con sus golpes, parta en pedazos todo el aire que se encuentra entre la piedra y el hierro. Cuando este espacio se vacía [...] los átomos del hierro caen al vacío, todos unidos, desplazándose así hacia el imán...

Posteriormente, en los escritos de Plutarco (50 d. C.) puede encontrarse la curiosa observación de que «la piedra imán pierde su fuerza si se la restringe con ajo». Curiosamente, esa misma referencia aparece en los escritos de Plinio el Viejo. Esa falsa creencia perdurará durante muchos siglos, como veremos más adelante. Casi doscientos años más tarde, Galeno (130-200 d. C.), famoso anatomista y médico, criticaba la teoría de los efluvios indicando que no era creíble «puesto que no explica por qué un anillo unido a un imán atrae a otro anillo», y lo enfatizaba añadiendo: «... he visto cinco piezas de hierro sostenidas magnéticamente, una cadena con solo la primera [pieza] estando en contacto con el imán...».

Durante la Alta Edad Media pasó el tiempo sin más progreso; en esa época solo los monjes sabían leer y escribir y la investigación se limitaba a consideraciones puramente teológicas, al menos la oficial.

En otras latitudes del planeta, el imán reveló muy pronto una gran utilidad práctica: la brújula. Aunque la fecha de esta primera aplicación tecnológica y su lugar de nacimiento siguen siendo objeto de controversia, parece ser que sucedió en China, hace más de 3.000 años. La figura 1.1 muestra un mural conmemorativo de las primeras brújulas chinas. En su parte superior se puede observar el dibujo de la brújula más antigua conocida, a la que se atribuyen unos 2.500 años de antigüedad. Se trata de una superficie de cobre donde reposa una cuchara, la cual gira libremente y se detiene con el mango apuntando hacia el sur.

Parece ser que la brújula fue introducida en Europa durante el siglo XII por Guyot de Provins (entre el 1100 y el 1200 d. C.), quien describe su uso haciendo flotar en agua una aguja imanada sobre paja o corcho (figura 1.2). Estas brújulas con agujas o figuras de peces flotando también aparecen

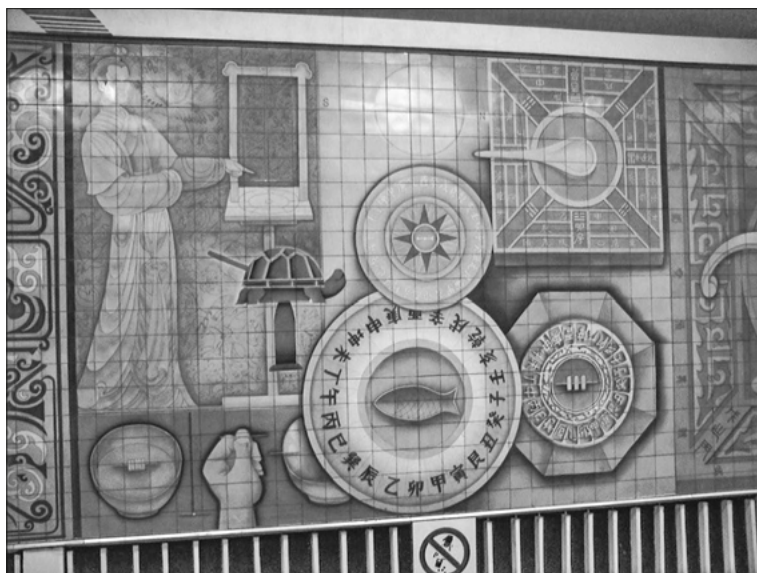


Fig. 1.1. Mural chino en la estación de metro de Jianguomen (Pekín) conmemorando el descubrimiento de la brújula.

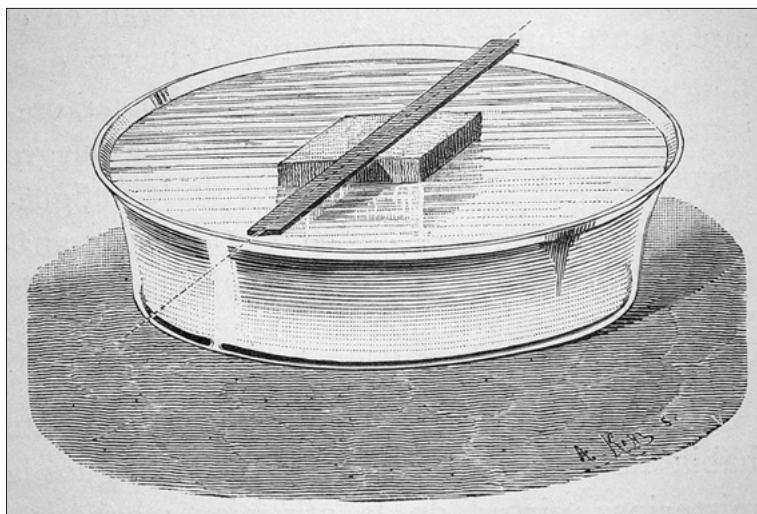


Fig. 1.2. Aguja imantada flotando sobre corcho.