

DIDÀCTICA DE LA VISUALITZACIÓ DE LES LÍNIES DEL CAMP MAGNÈTIC

Agustí Salvat Altés. Àrea de Didàctica de les Ciències Experimentals.
José Sánchez Real. Escola de Magisteri. València

És de sentit comú que les ciències experimentals han de ser tan manipulatives com es pugui, però és innegable que hi ha el perill que la manipulació comporti, també, una desconexió del seu contingut científic. No hi ha dubte que el treball experimental ha de formar part de tot aprenentatge científic, especialment a les primeres etapes de l'ensenyament, i per tant cal buscar la forma de posar-les a l'abast de tothom, divulgant-les, però no a costelles de la seva correcció científica.

Si s'obre un llibre de Ciències de la Natura —o de Física elemental— i es busca a les pàgines on es donen les primeres nocions sobre el magnetisme, és possible trobar-hi una experiència dedicada a *visualitzar* el camp magnètic i les seves línies de força. És evident que als nivells elementals cal tenir cura amb el llenguatge emprat, perquè quan es fonamenten les bases conceptuals de l'alumne no s'ha de proposar experiències per a observar allò que és impossible veure. Per altra banda, ¿què es vol dir quan s'insinua que les línies de camp es veuen? ¿que les línies tenen existència real?, ¿que l'*espectre magnètic* obtingut és una *fotocòpia* del camp que hi ha *amagat*?

Textos escolars

Cal indicar que els autors dels textos elementals descriuen l'experiència amb circumstàncies molt variades, de les quals en donem una mostra i on s'indicarà, amb lletra cursiva, la part del text errònia o que indueix a error.

1. «Al espolvorear con limaduras de hierro las cercanías de un imán, *aquellas se orientan según unas líneas*, que señalan las líneas de fuerza del imán.»¹

2. «*Si volem visualitzar el camp magnètic* que causa un imant n'hi haurà prou de col·locar-lo sota d'un tros de cartolina blanca, sobre el qual s'escamparan llimadures de ferro.»²

3. «*Pots visualitzar les línies de força del camp magnètic* creat per un imant si escampes llimadures de ferro sobre una cartolina. Dibuixa les línies de força dels imants que tinguis.»³

Aquests fragments s'han extret de textos editats durant els darrers deu anys, als quals en podrien acompanyar altres⁴, i perquè no sembli que el fet és

exclusiu dels nostres manuals d'E.G.B. s'hi pot afegir una mostra d'una publicació de la UNESCO:

4. «Desparramar limaduras de hierro sobre una cartulina delgada y colocar ésta sobre el imán sosteniéndola de manera que no esté en contacto con el mismo. Si se golpea la cartulina con un lápiz *podrá observarse la forma del campo magnético.*»⁵

d'un llibre de text universitari:

5. «Puede obtenerse una *visión del campo magnético* mediante la utilización de limaduras de hierro...»⁶

d'una revista espanyola d'investigació educativa:

6. «Existe un modo sencillo de *visualizar las líneas de campo eléctrico* mediante el uso de hilos aislantes. La idea no es nueva; ya que Faraday usó hilos de seda para estudiar el campo eléctrico en un electrólito. Nosotros hemos empleado hilo de coser corriente.»⁸

i d'una revista nord-americana del mateix àmbit que l'espanyola:

7. «*Producing visual patterns of magnetic field lines* is commonly done in beginning physics. *The usual techniques for this visualization on an overhead projector utilize iron filings (...)*

I devise a method to display magnetic field lines that avoids these problems and is also simple and inexpensive (...)

The magnetic field lines show up as lines of iron powder (...)

Also, if a rod magnet is placed in a vertical position, *you can show the radial distribution of magnetic field lines.*»⁹

I així es podria seguir, però com a exemple és suficient amb les mostres presentades. A més a més, es nota que les experiències no tenen cap mena d'originalitat, perquè totes la repeteixen de la mateixa forma. Pels fragments copiats sembla que els camps de forces no són purament imaginaris, sinó que tenen una entitat tangible i real. Així, no ha d'estranyar, doncs, que es presentin un gran nombre d'experiències per comprovar-ho. Pel que fa a les línies de força, es pot argumentar de manera semblant.

Conseqüències de la visualització del camp

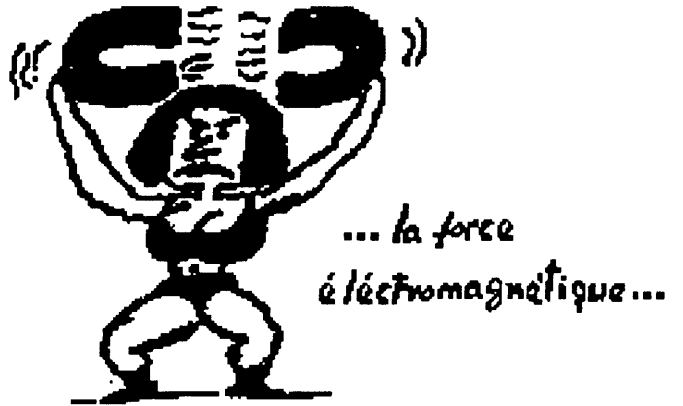
En un altre àmbit i prescindint de la formalitat i rigor dels textos escolars, els còmics, *tebeos* i dibuixos animats molt sovint *visualitzen* tant el camp magnètic com les seves línies. En un cas concret ¹⁰, l'heroi del còmic, «Don kilovatio», que és al «planeta fosc», on hi regna la més absoluta foscor, aprofita l'energia elèctrica que té damunt seu per convertir-se en un potent electroimant que atregui els electrodomèstics de la Terra.



Seguint per la línia encetada amb els còmics, la Junta d'Energia Nuclear Espanyola (actualment el Consell de Seguretat Nuclear), reproduí, a la seva revista, un article de *Science et Vie* ¹¹, dedicat a la concessió del Nobel de Física per la comprovació experimental de l'existència del bosó. La qüestió no tindria cap més importància si no fos perquè la història del bosó s'explica en un còmic, del que s'ha extret el següent dibuix. Cal notar la visualització que es fa de les línies del camp quan es presenta la força electromagnètica.

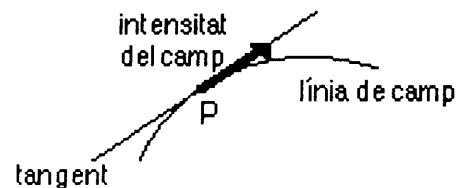
Concepte de línia de força i de camp

Davant la situació creada, cal retrocedir en el temps i veure com va néixer el concepte de línia de força. Michael Faraday¹², que fou el primer a usar-lo, introduí la



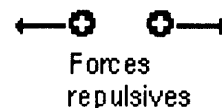
línia de força com un auxiliar per representar el camp elèctric (o magnètic). Faraday entenia la línia de força com una corba imaginària —sense existència real!— dibuixada de tal manera que la direcció de la recta tangent en qualsevol punt (P) coincideix amb la direcció de la intensitat del camp en aquest punt.

Pel que fa al concepte de *camp*, se seguí una filosofia semblant a l'anterior: la de la comoditat. Així, en



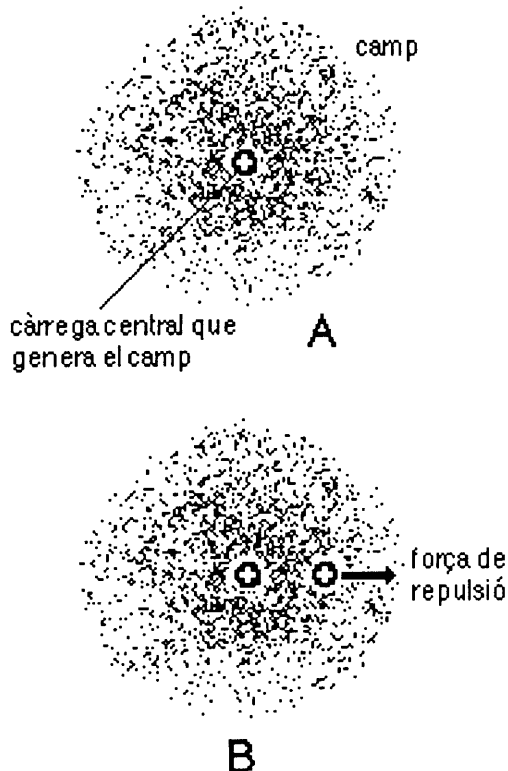
lloc d'estudiar, directament, les forces exercides entre dos imants (o entre dues càrregues elèctriques), com és el cas mostrat al dibuix.

Resulta més còmode, matemàticament, adaptar el punt de vista que una de les càrregues crea una *pertorbació* (camp) a l'espai que l'envolta (A). En el moment en què s'hi introdueix una altra càrrega, és el camp el que li fa una força (B). [El núvol que envolta la càrrega elèctrica als dibuixos A i B només vol posar de manifest la zona de l'espai on es noten els efectes de la repulsió elèctrica entre les dues càrregues i en cap moment es pretén



visualitzar el camp].

Fóra possible, naturalment, dibuixar una línia de força que passés per cada punt del camp; però si així es fes, tota la superfície del dibuix s'ompliria de línies i no en podríem distingir cap d'elles per separat. Limitant, de forma adient, el nombre de línies de força que es dibuixen, es poden usar les línies per indicar tant la direcció de la

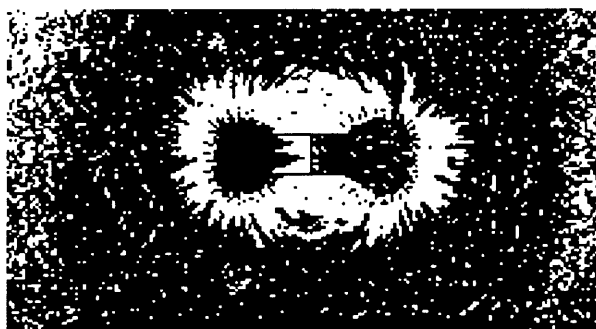


intensitat del camp com el seu valor. Això s'aconsegueix espaïant les línies de forma que el nombre de les que travessen la unitat de superfície perpendicularment a la direcció del camp sigui proporcional, en cada punt, a la intensitat de camp. Així, a una regió on les línies de camp estiguin atapeïdes, la intensitat del camp serà alta, mentre que una intensitat de camp baixa vindrà reflectida per una separació de les línies.

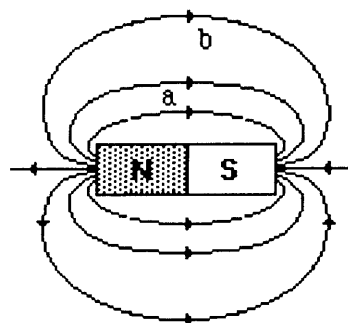
Aquesta característica de les línies del camp, en allò que fa referència al significat de la "densitat" de línies (el flux del camp), sembla que s'oblida quan alguns textos li proposen a l'alumne activitats on es demana que "dibuixi el màxim nombre possible de línies".¹³

El mètode més generalitzat a l'hora de visualitzar el camp magnètic, el que emprava llimadures de ferro, presenta un inconvenient conceptual, perquè tal com pot veure's a la fotografia, a més a més de no respectar la densitat de les línies de camp, es dona una imatge falsa

del valor de la intensitat del camp. Així, de l'espectre magnètic de la fotografia¹⁴ es dedueix que hi ha una zona que envolta l'imant, (zona blanca), on la intensitat del camp és nul·la (zona a). Si ens allunyem perpendicularment de l'imant (zona b) la intensitat del camp augmenta, ja que les llimadures es tornen a amuntegar. Aquestes conclusions ens porten a un error, perquè la intensitat del camp magnètic disminueix en raó inversa al quadrat de la distància a l'imant.



Per últim, l'experiència que permet veure la distribució de les llimadures de ferro en suposades línies de camp és totalment aleatòria, perquè si s'emplenés de llimadures tota la zona que envolta l'imant no es distingiria cap tipus de línia, i el que s'obtidria seria una zona -negra- totalment plena de llimadures.



Consideracions metodològiques sobre l'ensenyament del camp magnètic

Si a EGB vol tocar-se el tema del magnetisme, cal fer-ho des d'una òptica experimental i manipulativa que no indueixi l'alumne a assimilar qüestions que després, amb el temps, possiblement esdevindran un error conceptual. El camp magnètic i les seves línies no es poden tractar, als nivells elementals, per la via de l'experimentació

amb llimadures de ferro, ja que ambdós conceptes són purament teòrics i no visualitzables. El camp magnètic, quan sigui el moment adequat, caldrà introduir-lo de forma totalment teòrica. Així, el projecte Nuffield, quan, al llibre del professor, planteja la qüestió de tractar el camp magnètic, ho fa en els següents termes:

«El campo, ¿abstracción o realidad ?

Sugerimos que se ponga de manifiesto el campo después de una introducción menos visual y más abstracta para poner de relieve que un campo es algo en lo que se piensa, no algo que se capta físicamente. ».¹⁵

Per altra banda, ¿quina necessitat hi ha de tocar el tema del camp magnètic? ¿li és d'alguna utilitat a aquell alumne que no vol seguir estudiant un cop acabada l'E.G.B.? S'ha de considerar que el concepte de línia de camp només es necessita quan es vol calcular el valor de la intensitat del camp magnètic mitjançant el *teorema* de Gauss; en cas contrari, no té cap mena d'utilitat.

Mapa conceptual

Un mapa conceptual per a estudiar el magnetisme podria seguir el següent fil conductor:

Tenint present que l'experiència de les llimadures no és la més adequada per a iniciar l'estudi del magnetisme, cal començar el tema amb l'experimentació dels tipus de forces magnètiques que es poden donar (atracció i repulsió); com varia la intensitat de la força en funció de la distància dels cossos que s'atrauen o repel·leixen; les propietats dels materials magnètics en allò que fa referència als pols; quins són els materials magnètics (cal

fugir de la idea intuïtiva que tots els metalls són materials magnètics) i cloure la qüestió amb l'estudi d'alguns aparells fonamentats en el magnetisme: la brúixola, la magneto i el motor elèctric.

Analogia didàctica sobre les línies de camp

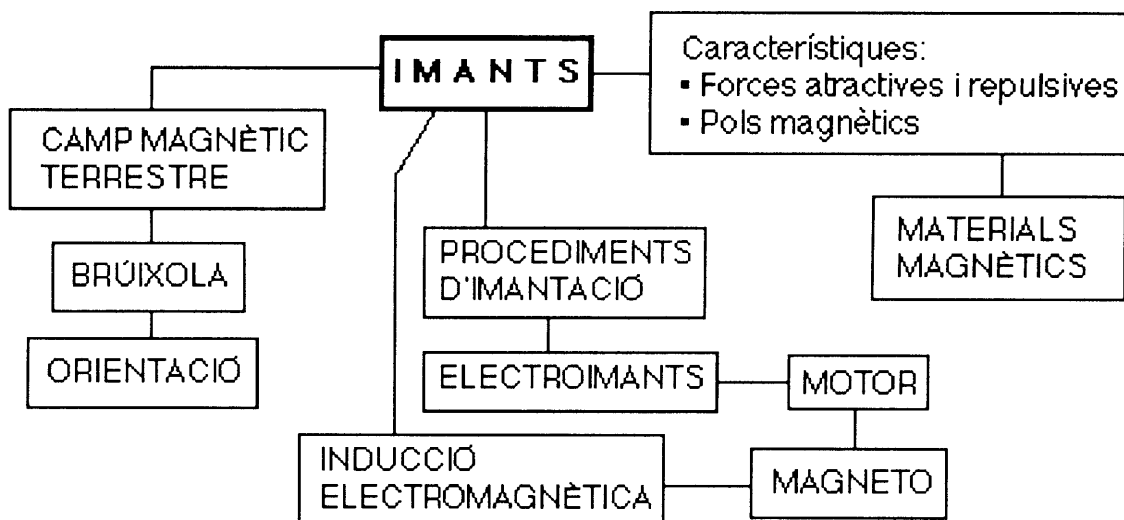
En el cas que s'hagi de treballar el concepte de camp magnètic i de línia de camp es pot recórrer a diverses analogies que ens poden ajudar.

¿Què és un camp de futbol? Un lloc on es juga a pilota. ¿Què serà un camp magnètic? Un lloc on es manifesta l'acció de les forces magnètiques.

¿I com es pot delimitar el camp magnètic d'un imant? Mitjançant un tros de ferro posat damunt dos llapis, que li facin de rodes. Es posa l'imant que genera el camp damunt la taula i el tros de ferro, sobre els llapis, a una certa distància de l'imant. Si en deixar-lo en llibertat el ferro es mou a causa de l'atracció de l'imant, s'allunya fins que no s'aprecii moviment. Aquesta posició és la que delimita el camp magnètic.

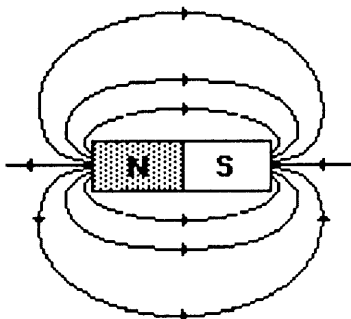
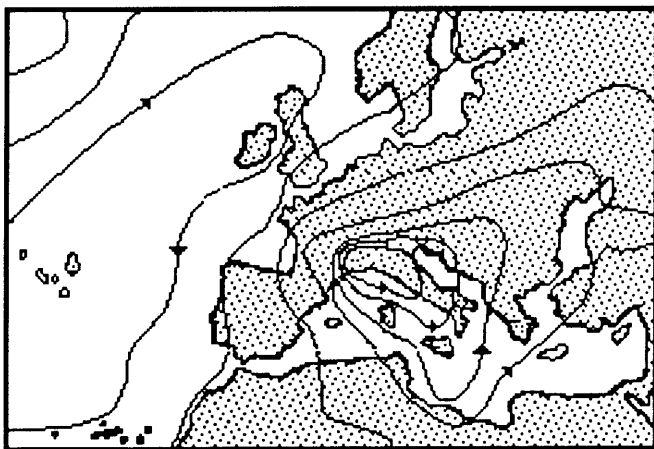
Un altre recurs que ens pot ajudar és l'analogia amb els mapes meteorològics que acostumen a publicar alguns diaris. Així, quan ens trobem davant un mapa isobàric les línies que s'hi veuen representen els punts d'igual pressió atmosfèrica (isòbares) i no tenen cap mena d'existència real; quelcom semblant al què succeeix amb les línies de camp: físicament no existeixen.

La direcció i sentit de les isòbares (donat per una fletxa dibuixada damunt d'elles) indica la direcció i sentit del vent que bufa en un indret determinat. De la mateixa



forma, la tangent a la línia de camp ens donarà la direcció de la força que actua en aquell punt, mentre que el sentit de la força també vindrà indicat per la fletxa de la línia de camp.

Al mapa isobàric la *densitat* de línies ens dóna una idea del gradient bàric existent a una determinada zona i,



en conseqüència, de la velocitat amb què bufarà el vent. Anàlogament, la *densitat* de línies de camp en una determinada zona que envolta un imant és una indicació de la intensitat de la força (magnètica) en aquella zona.

Referències bibliogràfiques

¹ PEIRÓ, A. *Ciencias de la Naturaleza 7º*. Editorial Anaya. Madrid. 1979. Pàg. 224.

² AVERBUJ, E. *Naturàlia-7è. EGB*. Editorial Barcanova. Barcelona. 1987. Pàg. 192.

³ EQUIPKATROS. *Ciència Actual. Ciències Naturals 7. EGB*. Editorial Anaya. Barcelona. 1990. Pàg. 173.

⁴ Altres referències que es podrien incloure al llistat: DOU, J.M. y otros. *Ciencias de la Naturaleza 7 EGB*. Editorial Casals. Barcelona. 1973. Pàg. 141. PINTÓ, R. i SANMARTÍ, N. *Ciències de la Natura. Piolet 7. EGB*. Editorial Vicens Bàsica. 1984. Pàg. 206. AVERBUJ, E. *Naturàlia-7è. EGB*. Editorial Barcanova. Barcelona. 1987. Pàg. 192. Equip Almenar. *Espora. Ciències Naturals 7. EGB*. Editorial Anaya. Madrid. 1987. Pàg. 144 y 150.

⁵ *Nuevo manual de la Unesco para la enseñanza de las ciencias*. Editorial EDHASA. Barcelona. 1978. Pàg. 112.

⁶ GETTYS, W.E. *Física clásica y moderna*. Editorial Mc Graw-Hill. Madrid. 1991. Pàg. 677.

⁷ Cal indicar que la referència a un cas en el que es parla del camp elèctric no ha de provocar interferències amb el camp magnètic, ja que des d'un punt de vista conceptual ambdós camps són iguals.

⁸ ARANDA, J. *Visualización de líneas de campo eléctrico: Una experiencia interesante para alumnos de BUP*. «Enseñanza de las Ciencias» 3,1 (1985) 75-76.

⁹ JOHNSON, G.P. *Magnetic field visualization on the overhead projector*. «The Physics Teacher» 28,4 (1990) 244.

¹⁰ *Don kilovatio en el ocaso de las sombras*. Hidro-eléctrica Española. Valencia. 1971.

¹¹ *Le Nobel au bosson*. Revista de la Junta d'Energia Nuclear. 6198 (1984) 1-8.

¹² SEARS, F.W. i ZEMANSKY, M.W. *Física General*. Editorial Aguilar. 5ª edición, 1ª reimpresión. Madrid. 1971. Pàg. 447.

¹³ RAMOS, A. i altres. *Naturaleza 7. EGB*. Editorial Santillana. Madrid. 1984. Pàg. 149.

¹⁴ PEIRÓ, A. *Ciencias de la Naturaleza 7º*. Editorial Anaya. Madrid. 1979. Pàg. 224.

¹⁵ *Campo y potencial. Física Avanzada Nuffield. Guía del profesor. Unidad 3*. Editorial Reverté. Barcelona. 1974. Pàg. 22.