

COM REFIAR-SE D'UNA BRÚIXOLA: INSTRUMENTS CIENTÍFICS I CONSENS SOCIAL

Antoni Roca Rosell

Centre de Recerca per a la Història de la Tècnica. ETS Enginyeria Industrial de Barcelona, UPC.

Paraules clau: *brúixola, magnetisme terrestre, instrument científic, navegació, estudis socials de la ciència*

How to be Confident with a Magnetic Compass: Scientific Instruments and Social Consensus

Summary: The magnetic compass is an instrument for orientation discovered 2000 years ago in China. Nevertheless, it presents a number of irregularities owing to the complexity of Earth magnetism. Rather than abandon it, technicians and scientists endeavoured to search for procedures to avoid these irregularities. The author discusses some of the characteristics of the limitations of the compass, and suggests that social consensus could have been the main factor in maintaining the compass as a precision instrument of orientation.

Key words: magnetic compass, terrestrial magnetism, scientific instrument, navigation, social studies on science.

Un instrument científic és un enginy o artefacte per obtenir una informació quantitativa de precisió en relació amb algun fenomen de la naturalesa. A partir de la introducció del floriment de l'esperit «quantificador» en la ciència del segle XVIII,¹ que ja caracteritzà la revolució científica, el mateix fet de mesurar —emprant un instrument de mesura— ha arribat a ser l'element central de l'activitat científica i tecnològica. En aquest context, una teoria científica o un nou giny tecnològic no poden considerar-se vàlids si no tenen un suport suficient de dades de la precisió necessària.²

S'ha de ser conscient, però, que la «seguretat» o fiabilitat en la mesura no és absoluta, sinó que està històricament determinada. De quina manera la història posa condicions a la validesa de l'ús d'un instrument científic? Respondre aquesta pregunta no és simple; probablement, haurem de buscar respostes adequades a cada instrument en particular. Al mateix

1. Vegeu el conjunt d'estudis continguts en el volum: Frängsmyr *et al.* (1990).

2 Thomas S. Khun desenvolupà les idees relacionades amb teoria, experiment i mesura en el cas de la física en el seu treball clàssic, Kuhn (1982).

temps, però, s'haurien d'anar trobant elements comuns a tots els instruments, tant per trobar un ajut a les noves investigacions com per tenir una visió més rigorosa dels instruments i del seu paper en la ciència i la tecnologia.

La brúixola (anomenada també *compàs magnètic*) és un instrument científic força simple que és emprat per a la orientació, tant en terra com al mar. Consisteix en una agulla magnètica o enginy similar mòbil que s'orienta, segons els nostres coneixements actuals, d'acord amb el camp magnètic terrestre. L'origen de la brúixola és, en certa manera, confús, però ha de situar-se a la Xina, on sabem que es coneixia la propietat de la magnetita d'orientar-se des d'almenys el segle I de la nostra era.³

La seva utilització per a la orientació, però, fou posterior i sembla que tingué lloc primerament en viatges terrestres i, després, a la navegació (a la Xina, almenys des del segle X). En realitat, la brúixola fou un dels primers auxiliars instrumentals de la navegació, junt amb alguns instruments d'observació astronòmica adaptats als vaixells (Albuquerque, 1988). Les notícies documentals de la seva transmissió a Europa són escasses, però és raonable suposar, com ho fa Joan Vernet (1979; 1978: 238-239) a partir de notícies indirectes, que foren els navegants àrabs que la realitzaren. Tanmateix, l'avantatge de conèixer la brúixola probablement aconsellà mantenir el secret de la seva existència per un període força llarg. Les notícies documentals deuen correspondre a l'època en què ja era un recurs prou conegut i que no valia la pena amagar.

L'objectiu d'aquest treball no és la història de la brúixola,⁴ sinó alguns aspectes de la història de la percepció social de la brúixola.

1. Qui desconfia de la brúixola com a instrument vàlid per orientar-se?

Estic convençut que cap (o gairebé cap) dels lectors d'aquest text gosarà pensar que la brúixola no és un instrument científic fiable. Gairebé ningú no considera que no sigui un mitjà d'orientació vàlid, tot i reconèixer que presenta «petites» desviacions. En particular, se sol saber que l'agulla magnètica no apunta el nord geogràfic, sinó un altre nord, el magnètic. L'angle entre les dues direccions s'anomena, generalment, *declinació magnètica*, que en el món nàutic també s'anomena «variació» magnètica. Tanmateix, aquesta no és l'única desviació que presenta la brúixola, tal com expliquem més avall. Malgrat tot, però, la brúixola desperta confiança. Fins i tot, podríem dir que se n'hi té molta.⁵

Una primera explicació a aquest fet és que ens trobem davant d'un enginy que revela *sense intermediaris* un fenomen físic molt notable —el magnetisme i, en particular, l'acció magnètica de la Terra. Per exemple, en les seves notes autobiogràfiques, Einstein (1986: 14-

3. Un resum de la història de la brúixola a Xina es troba a: Ronan (1986). També: Needham (1977).

4. En castellà, existeix un estudi força rigorós sobre història de la brúixola: Martínez-Hidalgo Terán (1946).

5. Vegeu, per exemple, els llibres destinats als excursionistes, on la fiabilitat de la brúixola no és qüestionada. En els manuals de navegació tampoc hi és qüestionada, però es donen indicacions per «corregir» les anomalies.

15) explicà que creia que la seva vocació científica es despertà quan, essent un infant de 4 o 5 anys, el seu pare li ensenyà una brúixola.

Tot i que s'aplica en molts altres camps, la brúixola ha estat molt estudiada en el món de la nàutica, ja que ha estat, durant segles, el principal mitjà d'orientació per a la navegació. En dies núvols, que no permeten l'observació del firmament o de la costa, esdevingué l'únic recurs per mantenir un rumb. La resposta a la pregunta que encapçala aquest apartat seria, doncs, que ningú no desconfia de la brúixola.

2. Tanmateix, hi hauria raons per descartar l'ús de la brúixola

Aquesta afirmació és una mica massa radical, però potser no ho és tant com sembla. Fem la llista d'irregularitats que presenta la brúixola:

- a) Com hem dit, no assenyalava el nord geogràfic, sinó el nord magnètic. Ambdues direccions formen un angle que s'anomena declinació magnètica.
- b) La declinació magnètica *no és uniforme* sobre la superfície terrestre. Presenta una *variació* de la declinació. Té valors diferents d'un lloc a un altre. Pot valer 0° (quan el meridià terrestre i magnètic coincideixen); a l'àrea mediterrània pot valer fins a 10° o 25° , però, és clar, arriba fins a 180° en un pol magnètic.
- c) La declinació magnètica, en un lloc determinat, també varia en el temps. Se'n diu *variació secular*, que pot arribar a algun grau per any (davant de la costa d'Alacant actualment és de $7'$ per any, és a dir, arriba a 1° al cap de 9 anys).
- d) La indicació de la brúixola pot ser *pertorbada fortament* per factors externs: la proximitat d'objectes de metall (ferro o acer) (per exemple, els pertanyents a l'estructura o als elements de construcció del vaixell), pertorbacions atmosfèriques, tempestes solars, etc.
- e) La brúixola, finalment, presenta una altra desviació, la *inclinació*, manifestada en la separació de l'agulla de la horitzontal. Com la declinació, també està sotmesa a diverses variacions, segons el lloc i el temps. La inclinació no suposa un problema tan greu per a la orientació.

Val a dir que aquestes irregularitats no afecten generalment els petits recorreguts, però, en canvi, poden afectar de manera important els trasllats grans, tant per terra com per mar.

3. Aquestes irregularitats han estat conegudes al llarg de la història i, és clar, les coneixen els navegants actuals

Fem un repàs dels punts anteriors:

- a) Els xinesos, que van descobrir la propietat de la magnetita d'orientar-se, també descobriren la declinació magnètica.
- b) L'observació de Cristòfor Colom, en passar prop de les Açores, del canvi d'orien-

tació de l'agulla, ha donat peu a què alguns el consideressin com el «descobridor» de la variació de la declinació.⁶ De fet, a la Xina ja s'havia posat de manifest.

- c) El coneixement de la variació secular va ser resultat d'un procés acurat de mesures que es portà a terme a Londres entre el 1580 i el 1634. Gillebrand ho posà de manifest i es veié «forçat» a assenyalar una anomalia en la gran síntesi sobre el magnetisme publicada també a Londres per William Gilbert el 1600 (Pumfrey, 1989).
- d) Els mariners van descobrir empíricament l'efecte dels objectes metàl·lics sobre la brúixola. Quan es començaren a construir vaixells metàl·lics, a la segona meitat del segle XIX, hom aconseguí salvar aquest obstacle, tal com ho resumim en l'apartat següent.

4. Quines solucions s'adoptaren per afrontar el problema de la brúixola?

Davant de les irregularitats de la brúixola per ser utilitzada per a orientar-se, anaren sorgint «solucions» o, més aviat, procediments, que foren considerats com a solució, els quals salvaven aquestes limitacions.

- a) La variació de la declinació segons el lloc suggerí la possibilitat que hi hagués una relació entre aquesta i la longitud geogràfica.⁷ Des del segle XVI sorgiren diversos models o ginys per calcular la longitud mitjançant la determinació de la variació de la declinació. Aquesta pretensió encara estava més o menys vigent a principis del segle XIX (Roca Rosell, 1999). No hi ha dubte que l'associació entre variació de la declinació i càlcul de la longitud fou un estímul per multiplicar les mesures de precisió de la declinació en diferents indrets del món, mesures que constituïren aviat importants sèries de dades. Les esperances dipositades en confirmar la regularitat de la variació de la declinació amb la longitud s'esvaïren.
- b) Una sortida pràctica fou proposada per un gran científic, Edmund Halley, després d'unes expedicions d'exploració marítima per l'Atlàntic, que inclogueren noves mesures magnètiques. Halley representà en un *mapa*, el 1700, les línies d'igual declinació, les isogones (Chapman, 1943; Cook, 1998). Amb aquest mapa naixia una nova cartografia magnètica útil als navegants. En un determinat lloc, el coneixement de la declinació donava una aproximació de la posició; coneixent la posició (per mitjans astronòmics i amb el cronòmetre, per exemple), era possible conèixer la declinació magnètica.
Els departaments nàutics de la Gran Bretanya i d'altres països del món (com els emergents Estats Units) generaren aviat mapes magnètics per ajudar la navega-

6. Una visió actualitzada del personatge de Cristòfor Colom es pot trobar en múltiples entrades de Bedini (ed.) (1992).

7. La determinació de la longitud fou un repte molt important de la navegació, ja que els instruments astronòmics habituals no podien ser utilitzats en un vaixell. Vegeu el treball de Francesc X. Barca en aquest mateix volum.

ció. La variació secular de la declinació obliga a què aquests mapes s'hagin d'actualitzar en períodes breus de temps (cada 10 anys aproximadament).

- c) A principi del segle XIX, Alexander von Humboldt, un ferm impulsor de la ciència baconiana, promogué la primera xarxa de mesuraments sistemàtics, al mateix temps que recollia el màxim nombre possible de dades històriques⁸ (el desenvolupament de la física, amb els treballs de Coulomb, principalment, feia possible la mesura de precisió de diverses magnituds magnètiques, inclosa la intensitat). Humboldt influí en Gauss perquè aplicés el seu model matemàtic per a la forma de la Terra, en base a mesures de la gravetat, a les dades magnètiques (Bühler, 1981). D'aquí sortí el primer model matemàtic d'allò que anomenem *camp magnètic terrestre*, que plantejava que el camp generat per la Terra no era el d'un simple dipol, sinó que els termes d'ordre superior eren notables. En la cartografia de Halley ja es podien observar quadrupols.
- d) Per evitar les perturbacions metàl·liques, hom dissenyà bitàcoles de brúixola per compensar el camp magnètic del vaixell i càrrega amb un altre camp magnètic. Naixia un nou ofici als vaixells, el dels compensadors de brúixoles.⁹

5. Per què el món nàutic ha seguit refiant-se de la brúixola?

La brúixola era un recurs per orientar-se quan fallaven els altres sistemes (visió de la costa, determinacions astronòmiques), és a dir, principalment quan estava núvol o hi havia boira. Durant els segles XIX i XX s'han introduït nous sistemes d'orientació: l'anomenat *compàs giroscòpic*, els ràdiosenyals i la determinació de la posició via satèl·lit, amb el sistema GPS. Aquests tres sistemes donen resultats molt més precisos que la brúixola magnètica. Llavors, per què es manté la confiança en la brúixola? Hi ha diverses respostes possibles:

- a) Les limitacions de la brúixola es poden superar amb la cartografia i models matemàtics, que semblen poder preveure les variacions de la brúixola. El rigor de la cartografia i la potència predictiva dels models matemàtics donen confiança.
- b) La brúixola és l'únic instrument d'orientació que no necessita energia (exceptuant les observacions astronòmiques, que depenen de la visibilitat). Les alternatives a la brúixola, molt més potents i, algunes, d'una enorme precisió, sí que en necessiten.
- c) Un element que hem de tenir en compte eren les alternatives possibles a la brúixola. Fins al segle XIX, en cas de cel ennuvolat o de boira, no hi havia cap altre mitjà d'orientació que no fos la brúixola.
- d) No hem de descartar, finalment, la fascinació de l'instrument, i la senzillesa i elegància que pot tenir el seu disseny. Aquesta fascinació també estaria relacionada amb la «veterania» de l'instrument, que ha estat utilitzat per a l'orientació durant uns mil anys.

8. Sobre la ciència baconiana, vegeu l'article de Khun (1982). En relació a les contribucions de Humboldt, vegeu: Humboldt (1949).

9. Un dels dissenys més reeixits de brúixola compensada fou el degut a Lord Kelvin. Vegeu un tractat relativament recent, Martínez-Hidalgo Terán (1958).

6. Tècnica, ciència i consens

Després d'aquestes breus consideracions sobre les limitacions de la brúixola, podem veure que la utilitat d'un instrument científic no depèn només de la seva interpretació científica, ni tan sols de la fiabilitat que hagi demostrat. Hi ha altres factors que hi intervenen, com ara la seva acceptació social i el grau de confiança que genera. En la brúixola veiem que, davant de l'observació d'irregularitats greus que posaven en entredit les seves indicacions, tècnics i científics buscaren mitjans per poder continuar utilitzant-la. Durant un llarg període, fins i tot s'arribà a creure que la brúixola podia servir per determinar la longitud.

Els procediments per salvar o compensar les irregularitats de la brúixola han representat el desplegament de molts recursos tècnics i científics, molts més dels que generalment s'imagina. Fins al segle XIX, tot i les contribucions de Gilbert (1600), l'explicació de la brúixola tenia força llacunes i, per tant, els assaigs que es realitzaren eren eminentment empírics i tècnics. Després de Halley i, sobretot, de Humboldt i Gauss, fou la ciència la que donà les sortides.

Un element que considerem clau en tot el procés ha estat, sens dubte, el consens que ha generat la brúixola. Davant de les seves irregularitats, la confiança dels usuaris i els científics sembla haver estat una peça clau per a la interpretació del motiu de la continuïtat de la utilització de la brúixola.

Per acabar, voldria fer una consideració addicional. La reflexió que he presentat tracta d'un instrument científic la interpretació del qual ha variat molt des del seu descobriment (recordem-ho, cap al segle I de la nostra era a la Xina). Fins al segle XVII, no existia un model de Terra com a cos magnètic, cosa que no començà a perfilar-se d'una manera rigorosa fins al segle XIX. En el període anterior, hom atribuïa la orientació de la brúixola a propietats de l'estel Polar (per exemple, Colom) o a alguna concentració singular de magnetita en regions polars.¹⁰

Si la interpretació de l'instrument ha variat tant, potser hauríem de considerar que no es tracta del mateix instrument? Des d'un punt de vista historiogràfic, la discussió de la brúixola en les diverses etapes hauria de circumscriure's a la seva època i, per tant, s'hauria de considerar com una successió d'instruments d'una mateixa família. Tanmateix, com en d'altres casos, els elements comuns de la brúixola al llarg de la història fan que una discussió conjunta sobre els «diversos» membres de la família sigui possible.

Per acabar, hem de reprendre la pregunta que hem introduït al començar aquest treball, sobre les condicions que la història posa a un instrument científic. En el cas de la brúixola, sembla clar que la història l'ha afavorit davant de les adversitats. La seva utilitat, la senzillesa tècnica de la seva construcció, la facilitat relativa del seu maneig, la fascinació que tot plegat ha despertat entre les persones han donat peu a un ampli consens social a favor de la brúixola.

Recordem, a més, que la brúixola no era un instrument basat en una teoria científica, sinó el resultat de l'observació empírica i d'una saviesa pràctica innegable. La seva justificació dins de la ciència fou posterior; de fet, probablement podríem dir que la comprensió de la brúixola fou un dels estímuls principals per a desenvolupar una teoria magnètica i, sobretot, una teoria del magnetisme terrestre.

10. S. Chapman va ser el pioner de les teories modernes del magnetisme terrestre. Vegeu, per exemple, Chapman (1936).

Per refiar-se de la brúixola ha estat necessari desplegar estudis i recursos científics i tècnics molt importants que, en gran part, han sorgit de la confiança dipositada en el mateix instrument. Moltes de les raons per aquesta confiança són força raonables, però el conjunt s'ha de situar en els processos tan complexos de la psicologia individual i col·lectiva.

Bibliografia

- ALBUQUERQUE, LUIS DE (1988), *Instrumentos de Navegação*, Lisboa, Comissão Nacional para os Comemorações dos Descobrimentos Portugueses.
- BEDINI, SILVIO A. (ed.) (1992), *The Christopher Columbus Encyclopedia*, MacMillan Pub.
- BÜHLER, W. K. (1981), *Gauss. A Biographical Study*, Berlín-Heidelberg-Nova York, Springer-Verlag.
- CHAPMAN, SIDNEY (1936), *The Earth's Magnetism*. Londres, Methuen & Co.
- CHAPMAN, SIDNEY (1943), «Edmond Halley and Geomagnetism», *Nature*, 152, núm. 3.852 (28 agost), 231-237.
- COOK, ALAN (1998), *Edmond Halley. Charting the Heavens and the Seas*, Oxford, Clarendon Press.
- EINSTEIN, ALBERT (1986), *Notas autobiográficas*. Prefaci de Paul Arthur Schilpp, Madrid, Alianza. (La versió original aparegué a SCHILPP P.A. (ed.) (1949), *Einstein. Philosopher-Scientist*, La Salle (Ill.)-Londres, Open Court-Cambridge University Press [The Library of Living Philosophers, VII])
- FRÄNGSMYR, T.; HEILBRON, J.L.; RIDER, R. E. (1990), *The Quantifying spirit in the 18th century*, Berkeley, University of California Press.
- HUMBOLDT, ALEXANDER VON (1949), [«Geomagnetismo»]. A: *Océano, atmósfera y geomagnetismo. Capítulos seleccionados del «Cosmos»*. Traducció i notes de Otto Schneider. Madrid-Buenos Aires, Espasa-Calpe, 113-177.
- KUHN, THOMAS S. (1982), «La tradición matemática y la tradición experimental en el desarrollo de la física». A: *La Tensión Esencial*. FCE, Mèxic, 56-90. (Aparegut originàriament a (1976) *The Journal of Interdisciplinary History*, 7, 1-31)
- MARTÍNEZ-HIDALGO TERÁN, JOSÉ MARIA (1946), *Historia y leyenda de la aguja magnética. Contribución de los españoles al progreso de la náutica*, Barcelona, Ed. Gustavo Gili.
- MARTÍNEZ-HIDALGO TERÁN, JOSÉ MARIA (1958), *Magnetismo del buque y compensación de la aguja magnética*, Madrid-Barcelona, Ediciones Garriga.
- NEEDHAM, JOSEPH (1977), *La gran titulación. Ciencia y sociedad en Oriente y Occidente*, Madrid, Alianza Editorial.
- PUMFREY, STEPHEN (1989), «'O tempora, O, magnes!' A sociological analysis of the discovery of secular magnetic variation in 1634», *British Journal for the History of Science*, 22, 181-214.
- ROCA ROSELL, ANTONI (1999), «Rubió i Nadal en la Il·lustració científica catalana». A: ROCA ROSELL, A.; PUIG, R.; GRAU, J.M.T. *L'obra científica de Josep Rubió i Nadal, científic il·lustrat, rector de Vilanova de Prades (1792-1807) «Hipòtesis ... con la que se descubre la causa de la declinación y variación de la Aguja de Marear. 1807*, Ajuntament-Parròquia, Vilanova de Prades, 43-56.
- RONAN, COLIN A. (1986), *The Shorter Science & Civilization in China: 3. An abridgment by... of Joseph Needham original text*, Cambridge University Press.

VERNET, JOAN (1978), *La Cultura hispanoàrabe en Oriente y Occidente*, Barcelona, Ariel.

VERNET, J. (1979), «Influencias musulmanas en el origen de la cartografía náutica». A: VERNET, J. *Estudios sobre historia de la ciencia medieval*, Barcelona, Universitat de Barcelona-Universitat Autònoma de Barcelona, 355-382 (publicat originàriament a (1953) *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, 89, 3-30).