



El naixement del sistema mètric decimal

Pepe Pedro

Professor de Física i Química · IES Matemàtic V. Caselles · Gata

Si volem mesurar la longitud d'un tros de tela o el pes d'un sac de farina haurem de comparar-los amb un patró establert, aquest patró s'anomena unitat de mesura. Antigament la majoria de les unitats tenien el seu origen en l'antropometria, és a dir, en les mesures del cos humà: peus, brances, colzes, polsades, etc. Actualment encara quan ens referim a la grandària (la diagonal) d'una pantalla de mòbil, ordinador o televisió ho fem en polzades.

Al final del segle XVIII hi havia unes dos mil unitats de pesos i mesures diferents a França. Mesures que variaven d'una província a una altra i d'una localitat a una altra. Aquesta situació caòtica, comuna a tot Europa, suposava un greu problema per al comerç entre pobles, per a l'administració de l'estat (cadastres, ...) i per a l'intercanvi dels resultats entre els científics. Davant aquest problema molts havien sigut els intents de buscar una uniformitat en les mesures, però va ser França durant la Revolució, un període de grans canvis, el país que va aconseguir establir un sistema d'unitats que ha perdurat fins als nostres dies; el sistema mètric decimal.

Un dels precursors del nou sistema va ser Charles-Maurice de Talleyrand, bisbe d'Autun, polític i diplomàtic francès. El 27 de març de 1790 proposà a l'Assemblea Nacional francesa un nou sistema de mesures, allunyat dels patrons antropocèntrics i particulars d'una determinada regió. El nou sistema s'havia d'extraure de la natura, fora dels interessos de qualsevol persona, poble o país. A més havia de ser invariable i universal. Les unitats d'aquest sistema havien d'estar interrelacionades, és a dir, una vegada definida la unitat de longitud, la resta d'unitats (pes, superfície i volum) s'havien d'extraure d'ella.

El dia 8 de maig de 1790 s'aprovà el projecte. L'Assemblea Nacional encarregà a l'Acadèmia de les Ciències de París l'estudi i detalls de la reforma i el 19 de maig de 1790 es creà la Comissió de Pesos i Mesures per a dur a terme aquesta missió. La Comissió estava formada per: Condorcet (president vitalici de l'Acadèmia), Lavoisier, Laplace, Lagrange, Coulomb, Borda i Tillet. Aquesta Comissió patiria canvis en la seua composició durant aquest procés.

Una altra proposta defensada pels savis de l'Acadèmia era dividir les unitats mètriques en una escala decimal, una escala natural basada en el nombre de dits de la mà del cos humà. Naixien així els múltiples i submúltiples, els primers porten prefixos d'arrels gregues (deca, hecto, quilo) i els segons arrels llatines (deci, centi, mili).

Actualment el sistema decimal està completament acceptat, però encara en queden vestigis d'altres sistemes com el sexagesimal utilitzat per a mesurar el temps o els angles.

A la unitat de mesura de longitud se la va anomenar metre (del grec "metron" que significa mesura) a proposta de Leblond (maig de 1790).

Inicialment Talleyrand i els seus consellers proposaren com a base del nou sistema de mesura la longitud d'un pèndol que tardara un segon a fer una oscil·lació completa a una latitud de 45°. L'experiment s'hauria de fer en un lloc a nivell de la mar i lluny de muntanyes que pertorbaren l'oscil·lació del pèndol a causa de l'atracció gravitatòria.

El 19 de març de 1791 la Comissió informà que el metre seria la deumilionèsima part del quadrant del meridià terrestre (la distància entre el Pol Nord



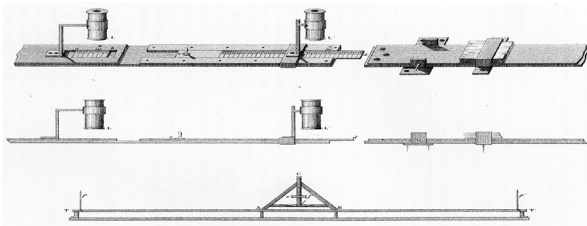
"Per a tots els pobles i per a tots els temps". Talleyrand.

Deumilionèsima part del quadrant de meridià terrestre.



La latitud s'obtenia a partir de l'altura de les estrelles quan passen (transiten) per la direcció Nord-Sud, també anomenada línia meridiana. En aquest punt les estrelles assolixen la màxima altura (culminen).

Per a mesurar les bases els geodesistes necessitaven una gran extensió de terreny recta. Per a la mesura de la base del meridià Dunkerque-París (la base de Melun) es van utilitzar quatre regles de precisió formades per una capa de platí i una altra de coure que anaven col·locant-se anivellades i alineades una rere l'altra. Borda les havia calibrades i encastades en una caixa de fusta per tal que poguera llegir-se amb precisió microscòpica l'expansió relativa dels dos metalls. Calia fer les corresponents correccions segons la temperatura. Mesura de l'arc entre Dunkerque i Barcelona.



APPAREIL DES BASES DE BORDA... d'après PUISSANT

Aparell per a la mesura de les bases de Borda.

Primera expedició de Méchain i Delambre (1792-1798)

El 10 de juny de 1792, l'encara rei de França, Luís XVI, autoritza l'elecció de l'Acadèmia de Ciències dels astrònoms Jean Baptiste-Joseph Delambre (1749-1822) i Pierre-François-André Méchain (1744-1804) com encarregats de l'operació de la mesura del meridià. Aquesta elecció estava avalada per les seues demostrades habilitats geodèsiques i astronòmiques. Els dos havien tingut de mestre a Jerome Lalande.

L'arc a mesurar entre Dunquerque i Barcelona, d'uns mil quilòmetres, es dividiria en dos trams. Del tram Nord, més llarg però més fàcil de mesurar i que ja s'havia mesurat dues vegades anteriorment, s'encarregaria Delambre. Del tram sud, molt més complicat pels Pirineus i amb la zona d'Espanya que no s'havia triangulat mai s'encarregaria el comandant de la missió, Méchain. El punt d'encontre seria Rodez. Van començar les operacions geodèsiques el juny de 1792 amb la idea d'acabar la tasca en set mesos, tardarien 7 anys, passant tota classe de penalitats i inconvenients.

L'agost de 1793, mentre Delambre realitza mesures en el tram nord Lavoisier li comunica la desaparició de la Acadèmia, però que el projecte de mesura del meridià continuava. El 4 de gener de 1794 rep una carta de la Comissió de Pesos i Mesures en la que se li notifica que era apartat de la mesura del meridià. Havia d'entregar totes les seues anotacions, càlculs i instruments al seu substitut, en cas que continuara el projecte. En un any i mig de treball havia mesurat la meitat del tram que li corresponia, uns tres-cents quilòmetres des de Dunkerque fins les voreres del Loira. Per a aquestes mesures havia tingut que recórrer uns tres mil set-cents quilòmetres.

El 28 de març de 1794, durant l'època del terror de La Revolució, Condorcet, President de l'Acadèmia i membre de l'Assemblea Nacional, se suïcida per tal de no ser executat pels seus enemics polítics. Lavoisier, que havia aconseguit que s'eximira del reclutament militar als savis i als fabricants d'instruments que estaven treballant en el sistema mètric, és guillotinat el 8 de maig de 1794 pel seu passat com a recaptador d'impostos juntament amb altres 28 recaptadors.

En el tram sud Méchain arriba a Barcelona el juliol de 1792. A mitjans d'agost ix cap a la frontera amb França buscant les estacions que serien els



Délabre.



Méchain.

A FONTS · La mesura del metre

vèrtexs del triangles en una regió que encara no havia sigut cartografiada, posteriorment aniria en sentit contrari fent les corresponents mesures.



Placa commemorativa de la mesura de la latitud per Méchain al Castell de Montjuïc.

Per acabar la tasca en Espanya faltava mesurar la latitud de Barcelona, mesura crucial per fixar l'extrem sud del sector de meridià, el punt elegit va ser la Torre del Castell de Montjuïc.

Els col·laboradors espanyols proposen a Méchain prolongar la mesura de l'arc fins a Mallorca, ja que d'aquesta forma la meitat de l'arc estaria més pròxima als 45°. Aconseguits els permisos envia els col·laboradors a Mallorca. Des del cim del Puig Major de Mallorca per la nit, quan disminueixen les boires superficials i millora la visibilitat, encenen el foc dirigint la llum amb cap a Montjuïc amb els reverbers. El 16 de desembre de 1792 Méchain pot veure la llum del foc amb el seu telescopi, però no amb els petits telescopis del cercle repetidor. No era possible de moment unir Catalunya i les Balears.

El 1793, el rei de França Luis XVI va ser jutjat, sentenciat i guillotinat, França entra en guerra amb Espanya. Les autoritats militars espanyoles permeten a Méchain continuar fent mesures però li prohibeixen abandonar terres catalanes mentre dure la guerra. El 3 de novembre de 1793 acaba les mesures en Catalunya.

Reclòs en Barcelona s'allotja en la posada la Fontana d'Or. Se li nega l'accés al Castell de Montjuïc convertit en fort militar. Com que no podia continuar amb la tasca del meridià i aprofitant el solstici d'hivern es proposa calcular l'obliquïtat de l'eclíptica (l'angle que forma l'eix de rotació de la Terra amb el pla de l'òrbita de la Terra al voltant del Sol). Per a aquesta tasca es necessita un càlcul molt exacte de la latitud del lloc, en aquest cas la Fontana d'Or. Durant l'hivern de 1793-1794 realitza nou-centes deu lectures d'estrelles amb 10 repeticions cadas-

cuna, un total d'unes 10.000. Méchain, per verificar les mesures, decideix comparar els resultats obtinguts de la latitud calculada en Montjuïc amb els de la Fontana d'Or. Fent una triangulació utilitzant la Catedral, la Fontana d'Or i Montjuïc (després d'aconseguir un permís d'un dia per fer les mesures al Castell) va obtenir que Montjuïc estava localitzat a 59,6 s d'arc al sud de la Fontana d'Or. Aquest resultat havia de coincidir amb l'obtingut restant les dues mesures de la latitud calculada a partir de les estrelles: 41° 22' 47,91" (de la Fontana d'Or) i 41° 21' 45,10" (de Montjuïc), però en restar va obtenir 62,8 s. Un error de 3,2 s en un arc de 59,6 s, és a dir, una discrepància del 5,4 %.

Aquest error de Barcelona ha portat molta polèmica. Ken Alder en el seu llibre "La Medida de todas las cosas" el qual porta com a subtítol "La odisea de siete años y el error oculto que transformaron el mundo", atribueix una importància extrema a aquest error, al qual dedica bona part del seu llibre. Alder afirma que Méchain va ocultar aquest error (afirmant que es va descobrir fins després de la mort de Méchain) i també que aquest error va ser el motiu secret de la segona expedició de Méchain a Espanya, ja que d'aquesta forma es mesuraria la latitud del meridià més al sud, amb la qual cosa es botaria les discrepàncies de Barcelona.

Antoni E. Ten (Professor d'Història de la Ciència en la Universitat de València, expert mundial en la història del metre i autor de nombrosos treballs i del llibre: "Medir el metro. La historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del Sistema Métrico decimal") afirma: "La història que Méchain torna a Espanya a ocultar aquest error és per a mi una història absurda, perquè les dades estaven allà i hagueren aparegut en qualsevol moment". Igualment Ten afirma en el seu llibre: "L'explicació de Delambre sobre la insistència de Méchain en ser ell mateix qui tornara a Espanya el 1803 és insostenible, per quan aquest no va ocultar que havia fet la determinació menyspreada i a més haguera sigut impossible d'ocultar amb la realització de les següents mesures. Ten, en l'entrevista que ens va concedir i que podeu llegir en aquest número, ens va dir que Méchain va comunicar a Borda la discrepància de Barcelona (disposa de tres cartes fotocopiades que ho acrediten). Méchain, molt preocupat pel tema, no tenia una explicació del perquè de l'error.

Després de dos anys en Catalunya, Méchain obté un passaport per a embarcar cap a Itàlia des d'on finalment tornarà a França.

El 1795 es restaura l'Acadèmia de les Ciències, recuperant els seus llocs quasi tots els acadèmics supervivents, inclosos Delambre i Méchain que reprenen les mesures (juny i setembre del 1795 respectivament). A conseqüència de la demora en les mesures, el 7 de juny 1795 s'estableix un metre provisional basat en mesures del meridià de feia 50 anys.

L'orografia i el mal oratge fan que Méchain en sis mesos sols mesure tres triangles. El seu estat d'ànim i les forces anaven decaient, entrant en una depressió. Li escriu a Delambre: "O recupere prompte l'energia que mai havia d'haver perdut o prompte deixaré d'existir".



El 26 d'agost de 1797 Delambre arriba a Rodez. El gener de 1798 l'Acadèmia de Ciències de París convoca un Congrés Internacional per a setembre del mateix any al que assistirien savis d'altres països per a verificar les mesures i els càlculs dels expedicionaris i preparar definitivament la resolució del metre. Una idea excel·lent per a llevar-li tot el protagonisme a França i implicar a altres nacions en el naixement del metre, la qual cosa augmentaria la seua acceptació internacional.

El 3 de juny de 1798 Delambre acaba la mesura de la base de Melun, al Nord de París, de quasi 10 km, tarda quaranta un dia, treballant de l'alba a la nit. Delambre ha conclòs la seua tasca.

Davant del retard que porta Méchain en les seues mesures, Delambre convenç a madame Méchain per anar a animar al seu marit. El 7 de juliol 1798 tots dos es retroben després de sis anys de separació. Quedaven dos mesos pel Congrés i a Méchain li faltaven 5 estacions per a mesurar. Delambre s'ofereix a ajudar-lo, però Méchain es nega. Rep una carta de l'oficina de longituds en la qual l'insten a tornar, prometent-li la direcció de l'Observatori de París. Finalment es posen en camí cap a París, arribant a finals de novembre, els savis del congrés portaven dos mesos esperant.

Méchain és rebut amb grans felicitacions com un heroi i és anomenat director de l'Observatori de París, màxim honor de l'astronomia francesa. Delambre i Méchain havien de presentar els resultats de l'expedició per tal que la Comissió els verificara, tres mesos després d'arribar a París encara no havien presentat les dades. El 2 febrer de 1799 Delambre presenta les dades dels seus triangles de Dunkerque a Rodez, les quals reben l'aprovació de la Comissió. Després de rebre un ultimàtum, el 22 de març Méchain presenta les seues dades. La Comissió queda meravellada i considera el seu treball com una obra mestra. Els càlculs es fan amb la latitud de Barcelona corresponent al Castell de Montjuic. Sols quedava reduir totes aquestes dades a un valor únic: el metre. En analitzar amb més detall les dades es descobreix que tots els meridians de la Terra no eren iguals, el meridià que passava per Greenwich no era el mateix que el que travessava París. S'havia enviat a Delambre i Méchain a mesurar el món partint d'un meridià que representara a tots els de la Terra i resulta que la Terra era massa irregular.



Metre i quilogram estàndards.

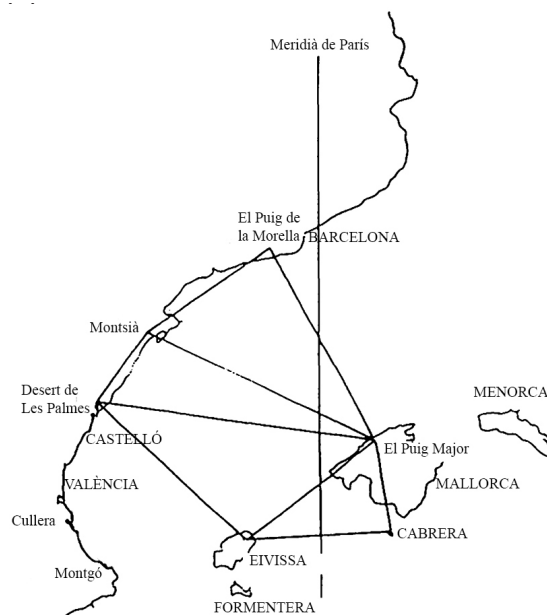
Després de 7 anys el 22 de juny de 1799 en una gran cerimònia es presenten el metre patró i el quilogram patró, una barra i un cilindre construïts amb platí i iridi. A cadascun dels savis estrangers se li va donar un facsímil de ferro. Ningú va dir res sobre la inesperada irregularitat del món. El metre definitiu era 0,325 mil·límetres més curt que el metre provisional. Actualment el metre i el quilogram patró es conserven en l'Oficina Internacional de Pesos i Mesures ubicada en Sèvres en les afores de París.

Una vegada definit el nou sistema mètric el problema va ser la seua implantació, ja que va tindre poca acceptació entre la població.

Després de la conferència del metre Méchain tenia el càrrec astronòmic més important de França i el reconeixement d'amics i col·legues. Delambre va ser l'encarregat de publicar l'informe oficial de l'operació, l'obra magna: Base du système métrique decimal.

La segona expedició de Méchain a Espanya (abril 1803- setembre 1804)

El 31 d'agost de 1802 un membre (no sé sap qui) del Bureau des longitudes, organisme francès encarregat de l'astronomia i la geodèsia, proposa continuar la mesura del meridià de Barcelona fins a les Illes Balears. Aquesta ampliació augmentaria els coneixements sobre la forma de la Terra i augmentaria l'exactitud del metre al prolongar les mesures al sud del paral·lel 45. Li demanen opinió a Méchain, el qual elabora un informe que presenta al ministre de l'Interior. Méchain proposa baixar per les costes catalanes a Tortosa buscant punts en què es poguera triangular amb Eivissa. Méchain, amb cinquanta-set anys i responsable de l'Observatori de París, volia i va dirigir aquesta nova expedició, a pesar de les protestes dels seus col·legues que consideraven que convenia enviar a algú més jove. Era un repte, ja que s'haurien de mesurar triangles sobre la mar amb quasi dos-cents quilòmetres de



Projecte elegit per Méchain abans de rebre les instruccions de París

Últim pla elaborat per Méchain per triangular les illes i la costa abans de rebre les instruccions definitives de París.



A FONTS · La mesura del metre

Acompanyarien a Méchain el seu fill Agustí i dos ajudants. Espanya també col·labora en l'expedició. S'incorporen lents més potents al cercle repetidor i es procuraren potents reflectors parabòlics per a poder fer lectures per la nit.

El 5 de maig de 1803 Méchain arriba a Barcelona. Des de l'inici de la missió tot són inconvenients. Hi ha problemes i retards amb els permisos i els vaixells que l'havien de transportar a les illes. Mentre esperava, es dirigeix cap a les muntanyes del Sud de Catalunya: Montsià, Lleberia, San Joan, Montagut, el Puig de la Morella, Montserrat i Mont Alegre de Mates, establint així una nova cadena de triangles que s'unirien als de la cadena mesurada el 1792.

Continua baixant cap a terres valencianes on rep l'ajuda d'un astrònom aficionat, Fausto Vallés, baró de la Pobla Tornesa, amb qui farà una gran amistat. El baró és propietari del massís del Desert de les Palmes, des d'on es pot albirar a sovint Eivissa. En comunicar-li la disponibilitat d'un vaixell torna a Barcelona i el 8 de gener de 1804 embarca cap a Eivissa. Una vegada en l'illa s'endú una decepció: des de les seues muntanyes no es veuen les estacions de la costa catalana que ja tenia mesurades i no pot unir Eivissa amb el Montsià (l'estació catalana més al sud). Méchain elabora dos projectes alternatius. El primer consistia en unir amb un triangle les illes d'Eivissa, Cabrera i Mallorca i amb un altre unir Mallorca amb el Montsià i el Desert de les Palmes. El segon projecte seria unir l'illa d'Eivissa al continent a través de la costa valenciana fins a Cullera i inclús arribant al Montgó.

El 27 de gener de 1804 ix d'Eivissa i arriba a Mallorca. Uns dies després puja al Puig Major (que ell anomena Silla Torrellas) on es troben amb restes de l'expedició de feia deu anys que el va permetre divisar Mallorca des de Montjuïc. Des del cim es podien veure Barcelona, les estacions de la costa catalana, molts punts de la costa valenciana i la resta de les Illes Balears. Méchain es decideix per unir

Mallorca amb els pics del Desert de les Palmes, Montsià i el Puig de la Morella, després uniria les illes amb un triangle i mesuraria una base de comprovació a Mallorca. El 13 de Març de 1804 rep instruccions de París d'unir la cadena costanera amb les illes a través d'Eivissa i Cullera, mesurant una base prop d'aquesta població. En aquest projecte sols s'havia de mesurar un gran triangle marí, era més fàcil mesurar una base al llarg de la costa que en una illa i també com demostrava matemàticament Delambre la desviació a l'oest del meridià no alteraria els resultats. Méchain està cansat i no discuteix les ordres.

Méchain torna a València on arriba a finals d'abril de 1804, de nou hi ha retards amb els permisos. Méchain amb la ajuda del Baró de la Pobla busca llocs idonis per mesurar la base prop de l'Albufera i en la marjal del Puig de Santa Maria, al Nord de València. Quan obté els permisos torna a Cullera el 28 de juny, però es estiu i és impossible veure les muntanyes d'Eivissa. Les terres valencianes estaven afectades de malària. Comença a fer mesures de la cadena valenciana. Mentre passa de l'estació de la Cassoleta (Xiva) a la del Puig de Santa Maria contrau la malaltia. El 5 de setembre mentre està mesurant a l'Espadà apareixen els primers símptomes. El seu estat empitjora i es traslladat a Castelló a la casa del Baró on mor el 20 de setembre de 1804. Es soterrat en una caixa de plom per si França vol reclamar el cadàver, cosa que no ocorre. La caixa va ser profanada el 1808 per a fer bales per a la guerra contra França.

Pocs dies abans de la seua mort Méchain escriu:

“Estic exhaust, fins ara no he aconseguit cap èxit i la meua mala estrella, o més ben dit, la fatalitat que sembla vinculada a aquesta empresa, gairebé no em proporciona esperances per arribar a coronar-la feliçment. Tal vegada un savi més capaç, menys inepte i més afortunat que jo, pugui substituir-me”.



Placa en memòria de Méchain a Castelló.

Bibliografia

ALDER, Ken. *La medida de todas las cosas*. Editorial Taurus. Madrid, 2003.

GUEDJ, Denis. *El metro del mundo*. Anagrama 2003.

MULET Cesc, VICENS Alícia. Documental “El Metre, la mida del Món”. La Perifèrica Produccions”

TEN ROS, Antoni. *Medir el metro. La historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del Sistema Métrico decimal*. Institut d'estudis documentals i històrics sobre la ciència Universitat de València - C.S.I.C. València 1996.

TEN ROS, Antoni. *La Ciència i la Tragèdia, Pierre Andrés Mechain (1744-1804)*. Revista Mètode 43. Universitat de València, 2004.

Els segells pertanyen a la col·lecció del mateix autor.

