

200 ANYS DEL SISTEMA MÈTRIC DECIMAL I ALTRES AVENTURES MATEMÀTIQUES

Anton Aubanell Pou

Didàctica de la Matemàtica de la UB

En primer lloc voldria agrair la invitació al Grup Perímetre i molt especialment a la Maria Antònia Canals que m'honora amb la seva amistat.

INTRODUCCIÓ

El passat 10 de desembre de 1999 feia 200 anys que s'establia a França el Sistema Mètric Decimal. Avui sembla del tot normal parlar de metres, de quilòmetres o de centímetres i donem per suposat que tothom ens entén però la gènesi del metre, impulsada per les idees unificadores de la Revolució Francesa, va constituir una formidable aventura científica de la qual el nostre territori va ser protagonista destacat. No fou una empresa fàcil! Un grapat de científics, especialment astrònoms i matemàtics, varen esmerçar-hi, amb il·lusió, els millors anys de la seves vides. Els seus noms quasi estan oblidats, la seva obra, en canvi, forma part de la nostra vida de cada dia.

Hi ha coses que ens resulten tan familiars, tan habituals,... que no els hi donem importància, com si haguessin existit sempre, com si no hagués costat temps i esforç d'assolir-les!. Permeteu-me que n'esmenti tres de relacionades amb les matemàtiques i que, després, ens aturem una mica en cadascuna d'elles: el sistema de numeració posicional, el calendari i el Sistema Internacional d'unitats.

Es tracta de tres eines genials per situar-nos en el món que ens envolta. Fem l'exercici d'imaginar-nos un món.....

.....amb temps però sense rellotges ni calendari.

.....amb quantitats però sense nombres.

.....amb magnituds però sense mesures.

Els nostres avantpassats varen tenir que fer un camí dur per situar-se en el temps i l'espai, per entendre, descriure i preveure el món que els envoltava. I encara queda camí per endavant! I, en tot cas, més enllà de les quantitats i de les magnituds, cada punt a l'espai-temps, està acolorit amb sensacions, sentiments, olors, sabors, amors,... que sortosament sempre s'escaparan de la nostra capacitat de mesura.

De tant en tant és bo mirar enrera per fer un petit homenatge, des del senzill record, als homes i dones que han fet possible que el nostre món sigui com és per tal que el temps no esborri l'empremta del seu esforç i sigui estímul per anar més endavant.

EL SISTEMA DE NUMERACIÓ POSICIONAL

Us imagineu al senyor Artur Mas o al senyor Rodrigo Rato fent els pressupostos de l'estat o de la Generalitat en xifres romanes? El procediment no seria excessivament àgil! Però cal tenir present que durant tres cinquenes parts dels dos mil anys que portem d'era cristiana, a

l'Europa occidental, es varen usar les xifres romanes i que les xifres indoaràbigues que usem actualment són unes nouvingudes de fa tan sols 800 anys.

La introducció al món cristià del nou sistema de numeració -original de Xina i de l'Índia i transmès al món àrab a través de Bagdad- no fou una tasca fàcil. El contacte privilegiat que, entorn de l'any 1000, tenia el nostre país amb la cultura àrab va donar-li un paper destacat en aquesta transmissió.

L'inici de la difusió a Europa del sistema de numeració posicional s'atribueix a la influència d'un monjo francès format científicament a casa nostra: Gerbert d'Orlhac. Permeteu-me que ens aturem una mica entorn d'aquest personatge del qual, aquest any, celebrem el mil·lenari amb molts diversos actes, especialment a Osona i al Ripollès, que s'organitzen entorn a l'Any *Gerbert*.

Fill d'una família humil, Gerbert entra com a monjo a l'abadia de Sant Giral on inicia la seva formació i aviat destaca per la seva intel·ligència. L'any 967 el comte Borrell II fa un viatge per terres occitanes i l'abat de Sant Giral li demana que pugui portar Gerbert a Catalunya per tal de rebre una adequada formació científica sota el mestratge del bisbe de Vic, Ató, que era un prestigiós expert en matemàtiques, astronomia i música. Un bonic precedent del programa Erasmus! Gerbert es mou entre Vic i Ripoll: Ató i la biblioteca del monestir de Ripoll alimenten la intel·ligència i curiositat intel·lectual del jove monjo. Tinguem en compte que, entorn de l'any 970, la biblioteca del monestir de Santa Maria de Ripoll tenia més de 60 llibres (xifra record per l'època!) molts d'ells traduïts de l'àrab. En temps de l'abat Oliba (1008-1046) va arribar a tenir 246 volums. És bonic d'imaginar l'ambient cultural que Gerbert va trobar en el monestir de Ripoll. Permeteu-me que us recomani, també com a lectura pels nostres alumnes, el llibre **El señor del cero** de Maria Isabel Molina que està ambientat en aquesta època i que explica les aventures d'un noi mossàrab de Còrdova especialment dotat per al càlcul i les matemàtiques que es veu obligat a fugir de la seva ciutat degut a les enveges i als recels i es refugia al monestir de Ripoll on coneix Gerbert,... no es tracta de descobrir-ne l'argument! L'any 970 Gerbert acompanya a Ató i Borrell II a Roma per tal de demanar al Papa la independència dels bisbats catalans de la tutela del bisbat de Narbona. El papa, impressionat pels seus coneixements, el reté a Roma i va a raure a la cort de l'emperador Otó I per ensenyar-hi matemàtiques. Dos anys després està a Reims on ensenya a l'escola de la catedral. Més tard és secretari de l'arquebisbe d'aquesta diòcesi i després abat del monestir de Bobbio a Itàlia. Al 991 és nomenat arquebisbe de Reims i un any després arquebisbe de Ravenna. El 2 d'abril de 999 és elegit papa prenent el nom de Silvestre II. Mor el 12 de maig de 1003. Així doncs va ser el papa de l'any 1000!

Gerbert va inventar un tipus especial d'àbac, anomenat *taula de comptes*, que va ser molt utilitzat a Europa durant els segles XI i XII, i que presentava la novetat d'incorporar sobre les fitxetes de fusta els signes de les xifres indoaràbigues. El zero es representava per un espai en blanc o un símbol especial.

El sistema de numeració i els mètodes de càlcul estan estretament lligats. Així el sistema de numeració romana requeria l'ús de l'àbac per a fer càlculs. En canvi el sistema posicional permetia el càlcul escrit basat en algorismes en la línia del que avui utilitzem. *La taula de comptes* de Gerbert representava un pas intermedi que obria el camí al nou sistema. Quant, a finals del segle XII, *la taula de comptes* va començar a caure en desús, el càlcul escrit va anar desplaçant els altres mètodes de manera que, en el segle XIII, ja el trobem àmpliament

estès. En aquest procés cal subratllar la influència que va tenir Leonard de Pisa, gran exponent dels algorismistes, i molt especialment una obra seva que porta el nom dels seus rivals: *Liber Abaci* (1202).

Però no va faltar oposició! Per exemple, a Florència, a l'any 1299 s'aprovà una llei prohibint l'ús de les xifres indoaràbigues en contractes i altres documents oficials i obligant, en aquests casos, a emprar els numerals romans. Aparentment l'oposició era deguda a una por al frau. Es deia que el sistema indoaràbig tenia menys defenses contra la manipulació de les quantitats per intercalació o per transformació del 0 en 6 o 9. Els números romans s'escriuen d'una forma que estava dissenyada per impedir que les quantitats fossin alterades (per exemple, afegint una ratlleta al darrer símbol del número). Actualment, amb els talons bancaris, usem símbols per limitar les xifres (#.....#).

Finalment, cap al segle XIV s'imposarà del tot l'ús del sistema posicional indoaràbig que es veurà, a més, facilitat per la creixent disponibilitat de paper i la invenció de la impremta.

Les controvèrsies entre els partidaris del càlcul amb àbac (abaquistes) i els partidaris del càlcul algorísmic (algorismistes) varen durar bastant de temps. Una curiosa representació d'aquesta rivalitat es dona en el gravat de Gregor Reisch, realitzat a 1504, que es reproduïx a la **figura 1** adjunta on es posa de manifest l'eficàcia dels algorismistes, personificats per un Boeci d'aspecte feliç (a l'esquerra), amb la ineficàcia dels abaquistes, representats per un Pitàgores d'aparença bastant infeliç (a la dreta).

EL CALENDARI

Avui sabem que la durada real d'un any és de 365.24219 dies (any tropical) però els nostres avantpassats varen tenir molta feina en ajustar progressivament l'any civil, usat a efectes d'organització social, a l'any real. Es tracta d'una nova aventura a la que us convido a fer-hi una ullada!

Cal assenyalar que actualment, en el món, hi ha 16 calendaris diferents que permeten celebrar l'any nou varies vegades cada any. Però pràcticament en tots els casos el seu ús es fa en paral·lel a l'ús del calendari anomenat gregorià.

Des de sempre el pas del temps s'ha associat amb la successió de fenòmens astronòmics: equinoccis, solsticis, llunacions, aparició de determinats estels en un punt concret del cel, etc.

Un any no té un nombre enter de dies (365.24219), ni un cicle lunar tampoc (29.53058), de manera que els ajustaments, si prenem com a unitat el dia (i això sembla natural!), són qüestió de decimals per excés o per defecte. Per acabar-ho d'embolicar, un any tampoc té un nombre enter de cicles lunars: si "les llunes" fessin una carrera de relleus contra el sol resultaria que, per tornar a estar aproximadament en la posició inicial, haurien de passar 19 anys solars o 235 llunacions. Aquest període de temps ja havia estat observat pels grecs (433 aC) que l'anomenaven cicle de Metó. És un exponent del difícil matrimoni entre el Sol i la Lluna que ha deixat el seu rastre en les diferències entre calendaris solars i calendaris lunars.

Fins i tot les nostres vacances pateixen les conseqüències d'aquestes desavinences de parella! L'any 325 el concili de Nicea fixa la Pasqua al primer diumenge després de la primera lluna plena posterior a l'equinocci de primavera (21 de març). Donat que l'any no té un nombre enter de llunacions, les llunes plenes no es produeixen en les mateixes dates cada any i, per tant, la Setmana Santa es mou d'un any a un altre. En concret, aquest any ha



Gregor Reish
Margarita philosophica

Figura 1

estat especialment desgraciat ja que va ser lluna plena precisament el 20 de març, el dia abans de l'equinocci, i vàrem tenir que esperar tota una llunació (29 dies!) per tenir una nova lluna plena (18 d'abril), poder situar la Pasqua el 23 d'abril i poder gaudir de les merescudes i retardades vacances!

Però no correm tant! La història del nostre calendari bé de molt lluny! L'**esquema 1** presenta tres etapes d'aquesta història (calendari egipci, calendari julià, calendari gregorià) relacionant-les amb les aproximacions per excés o per defecte que cadascuna assoleix respecte de la durada real de l'any.

Els egipcis ja tenien un calendari de 365 dies. Permeteu-me una curiositat arqueològica relacionada amb aquest tema que em varen explicar en el Museu Egipci de Barcelona. A les tombes egípcies hi posaven unes caixetes amb 365 petites figures que anomenaven "*uixebti*" (terme que significa "el que respon"). Això assegurava una vida millor al difunt

quan estigués a l'altre món ja que, quan tingués que fer algun treball, cridava a un *uixebti* que responia fent-li la feina. Com que en tenia un per a cada dia de l'any, el difunt no havia de treballar cap dia i podia descansar en pau.

El calendari romà antic era bastant primitiu. Tenia tan sols 10 mesos i un bloc de dies al final de l'any. Alguns dels mesos tenien nom propi que feia referència a divinitats i que han donat origen als noms dels nostres mesos:

Martius (març): Era el primer mes de l'antic calendari romà. Estava consagrat al déu de la guerra, Mart.

Aprilis (abril): Probablement el seu nom procedeix del senglar (aper), venerat pels romans.

Maius (maig): Dedicat a Maia, una de les Plèiades.

Junius (juny): Possiblement deu el seu nom a la deessa Juno, muller de Júpiter.

Els altres mesos inicialment rebien el nom derivat del seu ordre: *quintilis* (el cinquè mes, acabarà essent juliol), *sextilis* (el sisè mes, acabarà essent agost), *september* (el setè mes), *october* (octo és vuit), *november* (novem és nou), *december* (decem és deu).

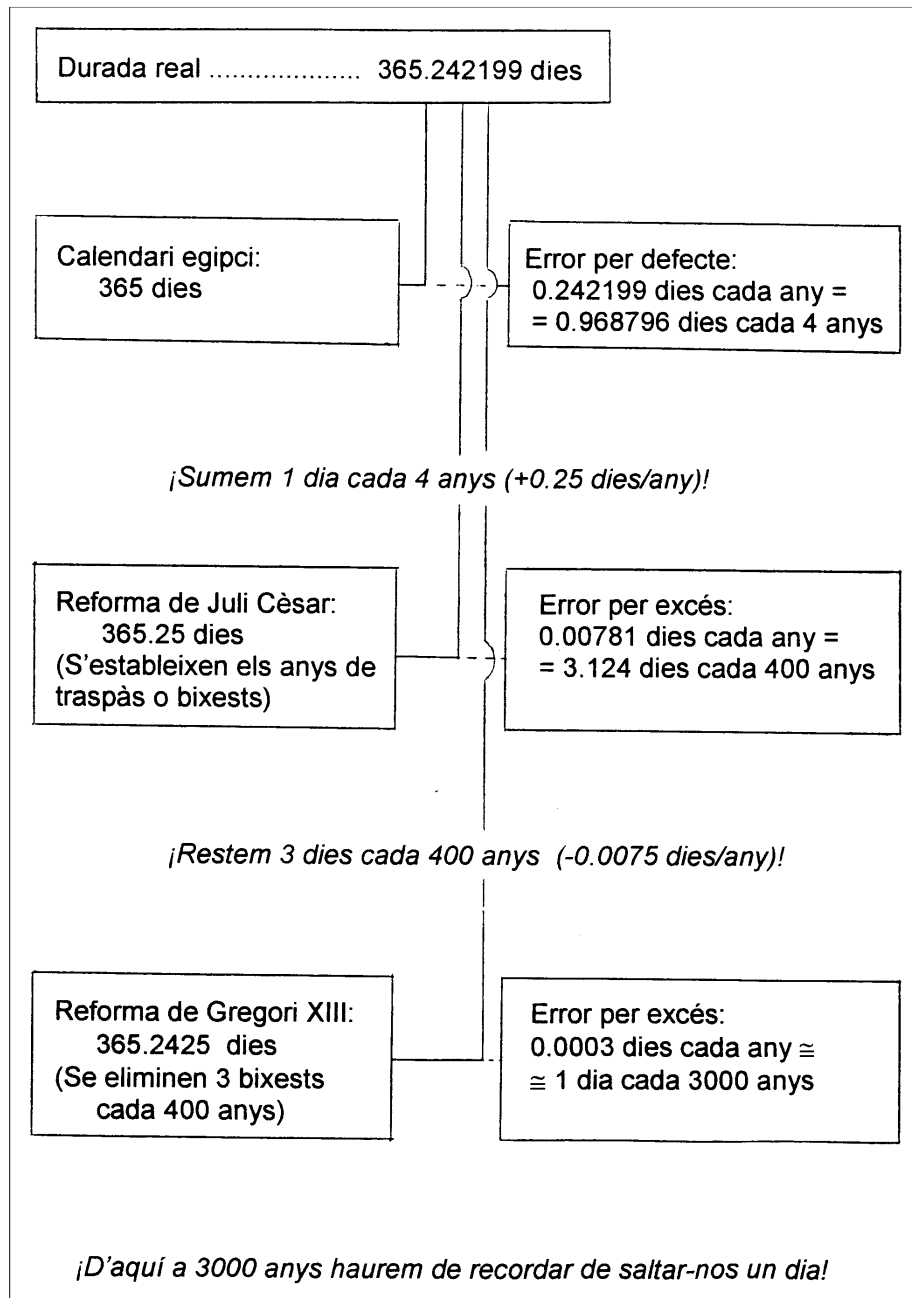
Uns 700 anys abans de Crist, Numa Pompili va organitzar el bloc de dies que quedaven al final de l'any en dos mesos (així varen arribar a ser 12) el darrer dels quals era dedicat a ritus purificadoris que s'anomenaven les *februalia* (*februare* = purificar). D'aquí ve el nom del nostre febrer, llavors darrer mes de l'any.

A l'any 46 aC Juli Cèsar, amb l'assessorament de l'astrònom Sosígenes, estableix diversos canvis:

- Es fixa el principi de l'any a l'1 de gener (*januarius*), aproximant-lo al solstici d'hivern.
- S'estableix la durada dels mesos alternant 31 i 30 dies. Excepte el mes de febrer que, els anys normals, es deixa en 29 dies.
- Cada 4 anys s'intercala un any de traspàs en el qual s'afegeix un dia al mes de febrer (que queda en 30). La nomenclatura romana per indicar les dates es basava en tres dates especials: les *kalendas* (dia 1 del mes), les *nonas* (dia 5 o dia 7 del mes) i els *idus* (dia 13 o dia 15 del mes). Les altres dates rebien el nom comptant els dies que faltaven fins a la propera data especial. Així, per exemple, el dia 24 de febrer era el "*sexto die ante kalendas Martias*". El dia que s'afegia al mes de febrer en els anys de traspàs s'intercalava entre el 24 i el 25 i no se li donava número propi sinó un "24 bis" (com els números d'algunes cases dels nostres carrers). Així era el "*bis sexto die ante kalendas Martias*". D'aquí venen les paraules "bixest", en català, i "bisiesto", en castellà.

L'any 44 aC el senat romà decideix posar al mes *quintilis* el nom de *julius* en honor a Juli Cèsar que hi havia nascut. A l'any 8 aC es canvia el nom del mes *sextilis* pel d'*august* en honor a Cèsar August. Això plantejava dos problemes:

- Una qüestió de protocol: Com podia ser que *julius* tingués 31 dies i *august* tan sols en tingués 30? La solució va ser fàcil: afegir un dia a *august* i treure'l, naturalment, de *februarius*, víctima de tots els canvis pel fet que havia estat el darrer mes... i de purificació!



Esquema 1

- Per altra part apareixien tres mesos seguits amb 31 dies (*julius, august i september*). Això es va solucionar traient un dia de *september* per passar-lo a *october* i traient un dia de *november* per passar-lo a *december*.

Així fou com varen quedar establerts els dies dels mesos de l'any! L'**esquema 2** resumeix el procés que hem exposat. Però l'evolució del calendari no s'acaba aquí!

Com es descriu en l'**esquema 1**, el calendari julià avançava en excés 3 dies cada 400 anys (11 minuts i 14 segons per any). En el segle XVI aquesta separació sumava ja 10 dies. Per això es va reformar el calendari establint-se l'anomenat calendari gregorià que és el que avui utilitzem. El calendari gregorià va ser instituït pel papa Gregori XIII a l'any 1582 després que una comissió presidida pel jesuïta Christopher Schüssel (Clavius) ho estudiés. Destaquen dos canvis:

- Manté com a anys de traspàs els múltiples de 4 però en treu 3 cada 400 anys. Deixen de ser de traspàs els anys que siguin múltiples de 100 però no ho siguin de 400.
- Elimina els deu dies de retard que s'havien acumulat des de la promulgació del calendari julià: el dijous 4 d'octubre de 1582 (data juliana) va ser seguit pel divendres 15 d'octubre de 1582 (data gregoriana) a Espanya, Itàlia, França i Portugal. A la **figura 2** es mostra un full de calendari corresponent al mes d'octubre de 1582 on s'observa la doble numeració i el salt dels 10 dies. Progressivament altres estats s'hi varen anar adaptant, Anglaterra al 1752, Finlàndia al 1918, Turquia: 1926, etc. Això ha portat curioses anècdotes:

1r Martius	2n Aprilis	3r Maius	4t Junius	5è	6è	7è	8è	9è	10è	11è	12è Februarius
---------------	---------------	-------------	--------------	----	----	----	----	----	-----	-----	-------------------

Any 46 aC

11è Januarius	12è Februarius	1r Martius	2n Aprilis	3r Maius	4t Junius	5è	6è	7è	8è	9è	10è
30 + 1	30 - 1 Normal: 29 Bixest: 30	30 + 1	30	30 + 1	30	30 + 1	30	30 + 1	30	30 + 1	30

Any 44 aC

						Julius					
--	--	--	--	--	--	--------	--	--	--	--	--

Any 8 aC

							August + 1				
	- 1								- 1	+ 1	- 1
										+ 1	

Situació actual

31	Normal: 28 Bixest: 29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
----	--------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Esquema 2

- Santa Teresa d'Àvila va morir el dijous 4 d'octubre de 1582 i va ser enterrada l'endemà divendres 15 d'octubre. Els 10 dies intermedis varen ser eliminats pel calendari gregorià. La festa de Santa Teresa se celebra el 15 d'octubre.

- Rússia no va acceptar la reforma del calendari gregorià fins l'arribada dels soviets. L'adopció del nou calendari es va fer de manera que l'1 de febrer de 1918 va passar a ser el dia 14 de febrer. Es dona el cas curiós que l'anomenada "Revolució d'Octubre", a l'antiga URSS, se celebrava a Novembre. Això era degut a què la revolució havia tingut lloc el 25 / 26 d'octubre de 1917, segons el calendari julià vigent a la Rússia tsarista, data que, quan

el nou règim va adoptar el calendari gregorià, va anar a caure el 7 / 8 de novembre. Des de llavors, l'aniversari de la revolució sempre es va celebrar a novembre i, fins i tot, a vegades es parla de la "Revolució de Novembre".

- Shakespeare i Cervantes varen morir en la mateixa data, el 23 d'abril de 1616, però no el mateix dia. Cervantes va morir el 23 d'abril de 1616 segons el calendari gregorià vigent a

October 1582

Positus Planetarum Diurnus.

Ani Grego.	Ani Romo.	Positus Planetarum Diurnus.											
		☾	☿	♁	♂	♃	♄	♅	♆	♇	♈	♉	
1	1	17 29 45	11 27	4 52	12 26	14 30	12 22	8 30	4 38				
2	2	18 19 11	26 28	4 49	12 27	14 57	13 35	10 9	4 25				
3	3	19 28 41	11 29	4 46	12 27	15 23	14 48	11 49	4 22				
4	4	20 28 12	26 23	4 43	12 28	15 49	16 1	13 29	4 18				
5	5	21 27 45	11 2	4 40	12 29	16 15	17 14	15 10	4 15				
6	6	22 27 19	25 21	4 37	12 31	16 40	18 27	16 52	4 12				
7	7	23 26 55	9 18	4 35	12 33	17 9	19 40	18 34	4 9				
8	8	24 26 33	22 52	4 33	12 35	17 30	20 53	20 17	4 6				
9	9	25 26 13	6 2	4 30	12 37	17 54	22 6	22 0	4 3				
10	10	26 25 55	18 52	4 28	12 40	18 18	23 19	23 43	4 59				
11	11	27 25 39	1 21	4 26	12 43	18 42	24 32	25 27	3 56				
12	12	28 25 25	13 33	4 24	12 46	19 5	25 45	27 11	3 53				
13	13	29 25 13	25 32	4 23	12 49	19 28	26 58	28 55	3 50				
14	14	0 25 3	7 20	4 22	13 53	19 50	28 11	0 40	3 47				
15	15	1 24 54	19 1	4 21	13 56	20 12	29 24	2 24	3 43				
16	16	2 24 47	0 39	4 20	13 0	20 34	0 37	4 8	3 40				
17	17	3 24 42	12 17	4 19	13 4	20 55	1 51	5 M 52	3 37				
18	18	4 24 39	23 58	4 18	13 8	21 16	3 14	7 36	3 34				
19	19	5 24 38	5 46	4 17	13 12	21 36	4 18	9 20	3 31				
20	20	6 24 39	17 45	4 16	13 16	21 56	5 31	11 4	3 28				
21	21	7 24 42	29 58	4 16	13 21	22 16	6 45	12 47	3 24				
Latitudo Planetarū ad diē		1	1 27	0 46	0 14	0 56	1 24						
		21	1 26	0 46	0 27	1 25	0 M 58						

Incidit in hoc mense Octobris correctio anni, & restitutio Kalendarij Romani per decem dierum sublationem, facta per Sanctissimum D.N. GREGORIVM diuina prouidentia PP. XIII. anno eius Pontificatus X. vt accommodetur Aequinoctium vernum, & ad eandem festam restituatur, in qua fuit tempore Niceni Concilij, ad diem nempe 21. Martij (quoniam iam ferè dies decem versus initium Martij retrocessit) ad hoc vt Pascha; & reliqua festa mobilia suis debitis temporibus congruant, & sic omittendo decem dies transeundum est à diē 4. Octob. ad diē 15. eiusdem. Itaque ob hanc decem dierum detractionem litera Dominicalis mutatur hoc anno 1582. post diē 4. Octob. in C.

Figura 2

Espanya des del 1582. Shakespeare va morir el 23 d'abril de 1616 segons el calendari julià vigent a Anglaterra fins al 1752.

EL SISTEMA MÈTRIC DECIMAL / SISTEMA INTERNACIONAL

Motivació

El 10 de desembre de 1799 França, en un dels primers decrets signats per Napoleó, adoptava el metre com a unitat de mesura. A Espanya la reina Isabel II va decretar, a l'any 1849, com obligatori l'ús del Sistema Mètric Decimal (SMD) a partir del gener de 1860, però de fet es va anar ajornant fins al 1880. A l'any 1867 el Círculo Mercantil de Barcelona es queixava de què sols l'usaven els ferrocarrils.

El passat 14 de juliol, coincidint amb la festa nacional de França, es va fer una àmplia celebració del bicentenari del metre a la qual potser, a casa nostra, no s'hi ha donat prou ressò. L'establiment del SMD va representar una formidable gesta científica en la que el nostre territori va ser protagonista privilegiat! És bo que també ho celebrem des del record tant més quan coincideix ara amb l'establiment d'un sistema monetari comú a Europa. Potser d'aquí a dos cents anys persones com nosaltres recordaran també aquesta efemèrides.

Però les coses no varen ser fàcils i, de fet, el camí no està conclòs! Permeteu-me que ho il·lustri recordant una notícia força recent:

El dia 23 de setembre de l'any passat, després un llarg viatge de 286 dies, la NASA va perdre la sonda **Mars Climate Orbiter** per una errada deguda a la manca d'unificació de les mesures: una maniobra vital va ser calculada amb dos sistemes d'unitats diferents: el Sistema Internacional (quilòmetres i grams) i el Sistema Anglosaxó (milles i lliures). Havia de situar-se a uns 140 Km d'altura sobre Mart i es va situar a 60. El límit de supervivència era de 86 Km.

Potser quan millor copsem el valor de les coses - també de les persones estimades!- és quan contemplem situacions on no existeixen! Per això serà bo fer, d'entrada, una ullada a les unitats de mesura emprades abans de l'establiment del SMD.

Unitats de mesura antigues

Les primeres mesures de longitud varen ser atropomòrfiques: **braça, colze, pam, dit, peu, pas,**... Potser per allò que l'home és la mesura del seu món!

En general les unitats de mesura variaven molt segons la regió, la comarca i, fins i tot, la població. A l'entrada d'algunes ciutats s'indicaven les mesures d'utilització dins de l'àmbit de la ciutat. Així, per exemple, a la muralla de Barcelona hi havia una porta que s'anomenava Porta Ferriça (d'on deriva el nom de l'actual carrer) degut al fet que prop d'ella s'hi col·locaven uns patrons de ferro indicant les unitats de mesura de longitud oficials dins de la ciutat.

Aquesta diversitat, sovint a gust de reis o senyors, dificultava l'intercanvi comercial i, en alguns casos, era font d'abusos i malentesos. La **lliura** n'és un bon exemple! Abans de l'establiment del SMD, a Europa s'havien detectat 391 **lliures** diferents. La seva magnitud variava segons el que es volgués mesurar. Així, en general, 1 **lliura** equivalia a 12 **unces** (1 **unça** = 25 g o 33.3 g), però 1 **lliura** de peix fresc equivalia a 30 **unces** (degut a l'aigua?) i una 1 **lliura** carnissera equivalia a 36 **unces** (degut a l'os?).

Alguns gremis també tenien patrons de mesura específics:

- En joieria utilitzaven el **quirat** (0.232 g).
- Els vinaters utilitzaven mesures especials per al vi:
1 **càrrega** = 2 **bots**.
1 **bot** = 4 **mallals**.
1 **mallal** = 16 **porrons**.
- En farmàcia utilitzaven l'**escrúpol** (0.925 g) i el **dragma** (2.778 g).
- Els sabaters utilitzaven el **punt** (0.666 cm). Per exemple, la sabata de l'estàtua de Colom a Barcelona, té 168 **punts** (1.12 metres).

La **llegua** era una mesura de longitud molt utilitzada -per exemple, a l'obra *Don Quijote de la Mancha* apareix 64 vegades- i molt variable segons la regió:

Llegua catalana	6718 m
Llegua comú a Espanya	5572 m
Llegua argentina	5820 m
Llegua reial	6965 m
Llegua suïssa	4800 m
Llegua portuguesa	6197 m
Llegua francesa	3898 m
Llegua de Brasil	6173 m
Llegua de 25 al grau	4444 m
Llegua marina de 20 al grau	5556 m
Llegua de 15 al grau	7407 m

Aquestes tres últimes **llegües** fan referència al fet que en un arc de 1° sobre un meridià n'hi caben 25, 20 o 15 respectivament. A partir d'aquest fet i sabent que un quadrant de meridià té 10.000.000 m, poden comprovar-se les equivalències indicades. Observem que si definíssim de la mateixa manera una "**Llegua de 60 al grau**", equivaldria a 1852 m. Es tractaria de la **milla nàutica** anglosaxona. El **nus**, tan utilitzat en nàutica, és la velocitat d'una **milla** per hora. Permeteu-me una referència cinematogràfica i una altra de literària:

- Hi ha una seqüència de la pel·lícula "*Titànic*" on el capità diu "Proa a alta mar. Que tothom vegi com navega!". Les imatges que segueixen mostren com les màquines treballen a un ritme frenètic fins que, finalment, el primer oficial es dirigeix al capità i li diu: "21 nusos senyor!". En aquell moment el Titànic anava a uns 39 km/h!
- Una ben coneguda novel·la de Juli Verne porta per títol *20000 llegües de viatge submarí*. Prenent com a unitat la llegua marina de 20 al grau observem que el Nautilus fa un recorregut d'uns 111.120 Km. Això representa unes 2.78 voltes a la Terra. En un viatge tan llarg és normal que el capità Nemo s'hagués d'enfrontar amb tot tipus d'aventures.

Les **canes** (aproximadament 8 pams) i les **vares** (mitja cana, aproximadament 4 pams), per petites longituds, no quedaven enrera pel que fa a diversitat.

Algunes **canes**:

Cana de Girona	1.559 m
Cana de Barcelona	1.555 m

Cana de Lleida	1.556 m
Cana de Tarragona	1.560 m
Cana de Mallorca	1.564 m

Algunes **vares**:

Vara del Pallars	0.778 m
Vara de València i de Castelló	0.906 m
Vara de Xàtiva i Alacant.....	0.912 m
Vara de Terol	0.768 m
Vara de Pamplona	0.785 m
Vara d'Aragó	0.772 m
Vara de Castella	0.836 m

Seria un bon negoci comprar tela a "tant la **vara**" a Castelló i vendre-la, al mateix preu, a Terol (18% de benefici!)

També hi havia molta diversitat de **peus**:

Peu de Burgos	0.278 m
Peu francès	0.324 m
Peu del Rhin	0.314 m
Peu de Roma	0.297 m
Peu d'Amsterdam	0.283 m
Peu suís	0.300 m
Peu anglès	0.304 m
Peu rus	0.305 m
Peu egipci	0.225 m
Peu austríac	0.316 m

El **peu** és una unitat especialment distingida que té que veure amb l'amplada de via del ferrocarril. Una Reial Ordre de 1844 estableix l'amplada de via a Espanya en 6 **peus de Burgos** ($6 \times 0.278 = 1.67$ m). L'amplada internacional, originària d'Anglaterra, correspon a 4 peus anglesos i 8 polzades i mitja ($4 \times 0.304 + 8.5 \times 0.0254 = 1.44$ m).

Les mesures de superfície també gaudien d'una diversitat molt gran. En societats agrícoles sovint heretaven el seu nom del de mesures de capacitat utilitzades pel gra. Així una **quartera** de superfície era l'extensió que podia sembrar-se amb una quartera de gra. Altres exemples són el **quartà**, el **picotí**, el **mesuró**, el **galí reiau**, etc. També s'utilitzava com a mesura de superfície el **jornal**. En aquest cas la diversitat també era gran: **jornals** de persona, de mula, de parella de bous,.... **jornals** de cavar, de segar, de llaurar,... i cada població tenia els seus **jornals**.

Curiosament moltes d'aquestes unitats de mesura tan sols es conserven en la llengua a través de dites o frases fetes:

No amidis als altres amb la teva cana

Més val unça que lliura

Pesar tres unces

Ploure a bots i barrals

El mal ve a arroves i se'n va a unces

En aquest sentit cal assenyalar la riquesa d'unitats de mesura que pot trobar-se en la gran obra de Cervantes, *Don Quijote de la Mancha*, que ja hem esmentat. Permeteu-me que citi un paràgraf especialment bonic de la segona part, capítol LXVI:

"...un vecino deste lugar, tan gordo que pesa once **arrobas**, desafió a correr a otro su vecino que no pesa más que cinco. Fue la condición que habían de correr una carrera de cien pasos con pesos iguales; y habiéndole preguntado al desafiador como se había de igualar el peso, dijo que el desafiado, que pesa cinco **arrobas**, se pusiese seis de hierro a cuestras, y así se igualarían las once **arrobas** del flaco con las once del gordo.

-Eso no –dijo a esta sazón Sancho (...) es mi parecer que el gordo desafiador se escamonde, monde, entresaque, pula y atilde, y saque seis arrobas de sus carnes de aquí o de allí de su cuerpo (...) y desta manera, quedando en cinco **arrobas** de peso, se igualará y ajustará con las cinco de su contrario, y así podrán correr igualmente.

(...) Pero a buen seguro que no ha de querer quitarse el gordo una **onza** de sus carnes, cuanto más seis **arrobas**".

Es tracta d'un bell joc argumental en el qual cal tenir en compte que el gras pesava uns 125 kg i el flac en pesava uns 58. O es carrega al flac o es descarrega al gras. Són 67 Kg que sumen a un costat o resten a l'altre! Aquí Sancho inventa la liposucció!

Encara que no tractin específicament del tema de les mesures no puc resistir la temptació de citar dos formidables paràgrafs de *Don Quijote de la Mancha* que tenen que veure amb les Matemàtiques. En el següent paràgraf, extret de la segona part, capítol XVIII, fa el disseny curricular del cicle formatiu de *Caballería Andante*:

"Paréceme que vuesa merced ha cursado las escuelas. ¿Qué ciencias ha oído?
La de la caballería andante -respondió don Quijote-, que es tan buena como la de la poesía, y aun dos deditos más.
No sé qué ciencia sea esa -replicó don Lorenzo-, y hasta ahora no ha llegado a mi noticia.
Es una ciencia –replicó don Quijote- que encierra en sí todas o las más ciencias del mundo, a causa que el que la profesa ha de ser
jurisperito y saber **las leyes** de la justicia **distributiva y conmutativa...**
teólogo...
médico, y principalmente herbolario...
astrólogo...
saber matemáticas, porque a cada paso se ofrecerá tener necesidad dellas...
estar adornado de todas las virtudes teologales y cardinales..."

En el següent paràgraf, extret de la primera part, capítol XXXIII, s'endinsa en qüestions referents a la metodologia docent (en realitat, dins del context de l'obra, fa referència a la conversió dels infidels al cristianisme):

"Les han de traer ejemplos palpables, fáciles, inteligibles, demostrativos, indubitables, con demostraciones matemáticas que no se pueden negar, como cuando dicen: "**Si de dos partes iguales quitamos partes iguales, las que quedan también son iguales**"; y cuando esto no entiendan de palabra, como en efecto no lo entienden, háseles de mostrar con las manos."

Observi's que, en llenguatge matemàtic, ens està exposant la implicació:

$$a = b \quad \square \quad a - c = b - c$$

Com ja es deu haver entès, la darrera frase fa referència a l'ús docent del material manipulable.

Origen del Sistema Mètric Decimal

La manca d'una definició clara i acceptada per tothom permetia que les unitats de mesura fossin una eina de dominació i la seva unificació va ser un objectiu de la Revolució Francesa. El 9 de febrer de 1790 l'enginyer militar Prieur de la Côte d'Or fa un discurs a l'Assemblea Nacional demanant que s'unifiqui el sistema de mesures. El 8 de maig del mateix any l'Assemblea Nacional encarrega a l'Acadèmia de Ciències la reforma del sistema de mesures (significativament el rei tarda 3 mesos en sancionar aquest decret). El 19 de març de 1791 una comissió de l'Acadèmia de Ciències emet un informe on presenta tres alternatives per l'elecció d'una unitat de mesura de longitud acceptable per tots els pobles i per tots els temps:

- La longitud d'un pèndul que batés segons a 45° de latitud.
- La quarta part de l'equador.
- La quarta part del meridià.

El dia 26 de març de 1791 l'Assemblea es decideix per la tercera d'aquestes opcions. En la mateixa sessió s'atorga el nom de metre a la nova unitat (del grec metron, mesura).

Es disposava ja d'alguns amidaments del meridià però calia posar en marxa una operació de mesura molt més ambiciosa que permetés assolir els nivells d'exactitud que la definició de la nova mesura requeria. Es tractava d'amidar sobre el terreny un arc de meridià tan extens com fos possible i extrapolar els resultats a tot el quadrant. Per millorar-ne la precisió convenia prendre l'arc prop dels 45° de latitud (minimitzant l'efecte de l'aplanament de la Terra) i que tingués els extrems al nivell del mar. Es plantejaren tres possibilitats:

- Dunkerque – Barcelona
- Amsterdam – Marsella
- Cherburgo – Murcia

Varen escollir la primera per que ja s'hi havien fet altres amidaments anteriors. Probablement el fet de passar per París va tenir-hi alguna influència. L'operació de mesura sobre el terreny s'encarregà a dos astrònoms molt reconeguts:

- Pierre André Méchain es va fer càrrec del tram entre Rodez i Barcelona.
- Jean Baptiste Joseph Delambre es va fer càrrec del tram entre Dunkerque i Rodez.

Mentre es portaven a terme aquests amidaments, l'1 d'agost de 1793, ja s'establia s'estructura del Sistema Mètric Decimal sobre la base 10 i s'adoptava un **metre provisional** a partir de les mesures de la Terra fetes a anteriorment a Lapònia i al Perú.

Precedents de la mesura de parts de meridià

Des de Pitàgores era coneguda l'esfericitat de la Terra. Però, a principis del segle XVIII, encara hi havia certa controvèrsia entre els anglesos que, seguint les teories de Newton, suposaven que la Terra era aplanada pels pols i alguns científics francesos que suposaven

que ho era per l'Equador. Per resoldre aquesta controvèrsia l'Acadèmia de Ciències francesa va acordar mesurar l'arc sobre la Terra que corresponia a un grau de meridià al nivell de l'Equador i al nivell de l'Àrtic. Per això es varen organitzar dues expedicions: una a Lapònia (amb els astrònoms i matemàtics Clairaut i Maupertuis) i l'altra al virregnat del Perú, concretament a la zona que avui és l'Equador (amb La Condamine, Godin i Bouguer).

Donat que la zona del virregnat del Perú era territori espanyol es van incorporar a l'expedició dos joves guàrdia marines de l'Acadèmia de Cádiz: Antonio de Ulloa (20 anys), Jorge Juan de Santacília (19 anys). Les especials qualitats matemàtiques d'aquest últim feia que els seus companys de l'Acadèmia l'anomenessin "Euclides". Varen sortir el 26 de maig de 1735 i varen tenir que enfrontar-se amb tot tipus de problemes: una epidèmia poc després d'arribar a Quito on mor un francès, un motí contra els francesos on mor del metge de l'expedició, dues erupcions volcàniques, una guerra naval amb Anglaterra,... i, a més, les constants desavinences entre els científics francesos.

L'expedició va durar 10 anys i es varen mesurar tres graus de meridià. Retornats a Espanya Jorge Juan i Antonio de Ulloa varen escriure conjuntament "*Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de su Majestad en los Reynos del Perú*". També varen dirigir al rei un document titulat "*Noticias secretas de América*" on denunciaven els abusos i l'opressió de què eren objecte els indígenes per part dels funcionaris i del clergat.

Més endavant Jorge Juan de Santacília va impulsar l'inici dels treballs del Real Instituto y Observatorio de la Armada a San Fernando (Cádiz) que, encara avui, és l'organisme que fixa l'hora oficial espanyola. La seva cara apareix en els bitllets de 10.000 pessetes. Tota una satisfacció pel nostre gremi que els últims bitllets de valor màxim que existiran de pesseta siguin dedicats a un matemàtic!

Gràcies a aquestes expedicions es confirmà l'exactitud de la tesi newtoniana segons la qual la Terra és aplanada pels pols.

La tècnica de triangulació.

Mesurar sobre el terreny un arc de meridià no era una tasca gens fàcil fa dos segles. Actualment l'ús de satèl·lits artificials i del GPS permet portar a terme treballs geodèsics amb relativa comoditat però, fins fa poc, aquests càlculs s'havien de realitzar emprant l'anomenada tècnica de triangulació. Aquest mètode consisteix a determinar, mitjançant eines trigonomètriques, les longituds dels costats d'una cadena de triangles a partir d'una única distància ja coneguda i de diversos angles que cal mesurar acuradament.

Es parteix d'una distància que es mesura directament sobre el terreny i que s'anomena **base**. S'estableix un triangle imaginari que tingui dos vèrtexs situats en els extrems de la base i un tercer vèrtex en un punt, generalment elevat, des d'on es vegin els altres dos vèrtexs. Es mesuren els tres angles d'aquest triangle i, aplicant fórmules trigonomètriques, es calculen les longituds dels altres dos costats del triangle. Aquests dos segments podran servir, al seu torn, de base per a uns altres dos triangles dels quals, de nou, podrem calcular els costats i així obtenir successivament tota una cadena de triangles de costats coneguts que constituïran l'anomenada **xarxa de triangulació**. Per tal d'assegurar el contacte visual, normalment, els vèrtexs se situen en llocs elevats: cims de muntanyes, torres de campanar, etc. A la **figura 4**, que serà comentada més endavant, es mostra un exemple de xarxa de triangulació.

En la realitat els càlculs es compliquen per diverses raons: els triangles no estan en el mateix pla (cal mesurar-ne la inclinació), els costats dels triangles no cauen justament sobre el meridià (cal projectar-los en la direcció del meridià), la mesura de la base i dels angles ha de fer-se amb molta precisió (els aparells de mesura i la correcta visibilitat entre vèrtexs són essencials), ha de controlar-se la propagació (i possible amplificació) d'errors en els càlculs successius, etc. En el cas concret de l'amidament de l'arc de meridià entre Dunkerque i Barcelona hi ha diverses dades especialment interessants referents a la precisió de la tècnica:

- En la mesura dels angles utilitzaven l'anomenat **cercle repetidor de Borda** (com el que es mostra a la **figura 3**) que permetia prendre repetidament una mateixa mesura per tal de minimitzar-ne els errors.
- Les distàncies s'amidaven prenent com a unitat la **toesa** (1 toesa equival a 1.949 m, és a dir, quasi dos metres).
- Es varen mesurar sobre el terreny dues bases: una base d'amidament entre Lieusaint i Melún i una base de comprovació entre Vernet i Salses, prop d'aquí. La base de Melún mesurava 6075.90 toeses (11.8 km). La base de Vernet mesurava 6006.249 toeses (11.7 km). El càlcul de la base de Vernet a partir de la de Melún seguint d'una cadena de 53 triangles donava 6006.089 toeses. Així doncs hi havia un error de tan sols 0,16 toeses! Sobre 650 km de separació un error de 30 cm!

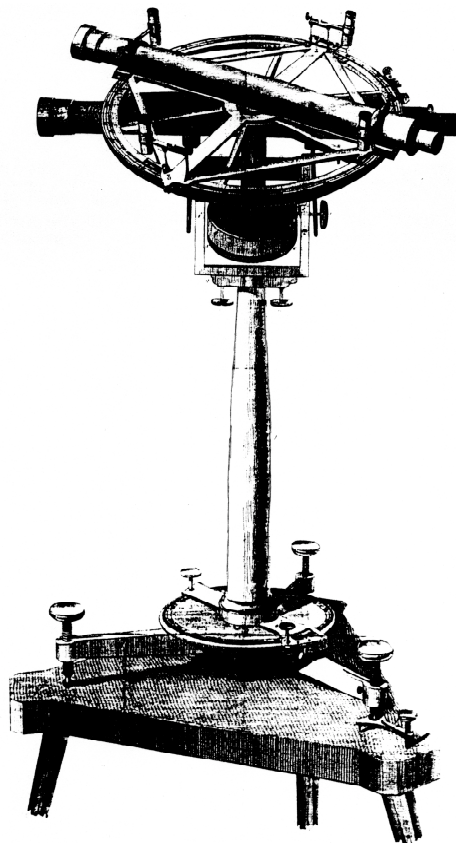


Figura 3

Permeteu-me que finalitzi aquest apartat tot citant dues curiositats que poden ser útils per motivar i il·lustrar aquesta tècnica en les nostres classes:

- Els bitllets de 10 marcs estan dedicats al matemàtic alemany Carl Friedrich Gauss. En una de les cares apareix la seva figura i, a l'altra, es representa un aparell destinat a la mesura d'angles i una xarxa de triangulació corresponent a una regió del nord d'Alemanya.
- Hi ha un llibre de Juli Verne (ja és el segon que recomano!) que porta per títol *Aventures de tres russos i tres anglesos* i que descriu les peripècies d'un grup de científics que es proposen mesurar uns graus de meridià en el cor d'Àfrica. Hi ha capítols amb títols tan sorprenents com "*Triangular o morir*" o "*Un grau més*".

Primera expedició d'amidament del meridià a casa nostra

Neix el Sistema Mètric Decimal

L'expedició estava encapçalada per Méchain. L'acompanyava el seu ajudant Tranchot i els comissaris espanyols Bueno, González, Planas i Álvarez. El dia 5 de juliol de 1792 arribaven a Perpinyà i a l'octubre estaven a Barcelona.

A la **figura 4**, extreta del primer volum del llibre "*Base du Système Métrique Décimal*" original dels propis Méchain i Delambre, poden observar-se les triangulacions fetes en territori català. Observem els topònims: N.D. du Mont (la Mare de Déu del Mont), Coste Bonne (Costabona), Puy-se-Calm (Puigsacalm), Roca Corba o Mt. Jouy (Montjuïc). En el mateix llibre podem trobar una bonica descripció del cim del Roca Corba així com anotacions dels angles presos entorn de Girona, el Matagalls i Aulot (Olot) a finals de setembre (2 i 3 vendémiaire, en el calendari republicà que acabava de ser instaurat).

Tot plegat ben proper a nosaltres!

Però les coses no varen ser fàcils! Els nostres científics també tingueren les seves dificultats! Quan Méchain contemplava el funcionament d'una bomba per treure aigua d'un pou va patir un greu accident que l'apartà una temporada del seu treball. Al 1793, arran de l'execució de Lluís XVI, es declara la guerra a França i això dificulta de nou les operacions. Els treballs continuen en la mateixa línia de foc. Un cop acabada la triangulació en territori català Méchain desitja tornar a França però les autoritats militars no li ho permeten (coneix massa bé el territori!). Mentre es resol això fa observacions a la ciutat de Barcelona. Ara no el deixen accedir a Montjuïc (ciudadella militar) i les ha de fer des de la terrassa de la seva pensió al carrer Escudellers. Així detecta un error de **3.24"** entre les observacions realitzades des de Montjuïc i les portades a terme des del carrer Escudellers. Això el preocuparà fins la seva mort. Sembla ser que va ser degut a una anomalia local de la gravitació que modificava lleugerament la plomada dels instruments d'observació. El novembre de 1794 el permeten de tornar a França després d'haver estat detingut (per a la seva protecció, naturalment!) des de finals de juny.

Delambre, en territori francès, no va pas tenir menys problemes que Méchain. No sempre les observacions nocturnes dels científics es varen entendre correctament, a vegades eren interpretades com a sortilegis màgics o, més perillósament, com a senyals entre espies. Delambre es va convertir, a base d'ensurts, en un especialista en certificats, salconduits i permisos.

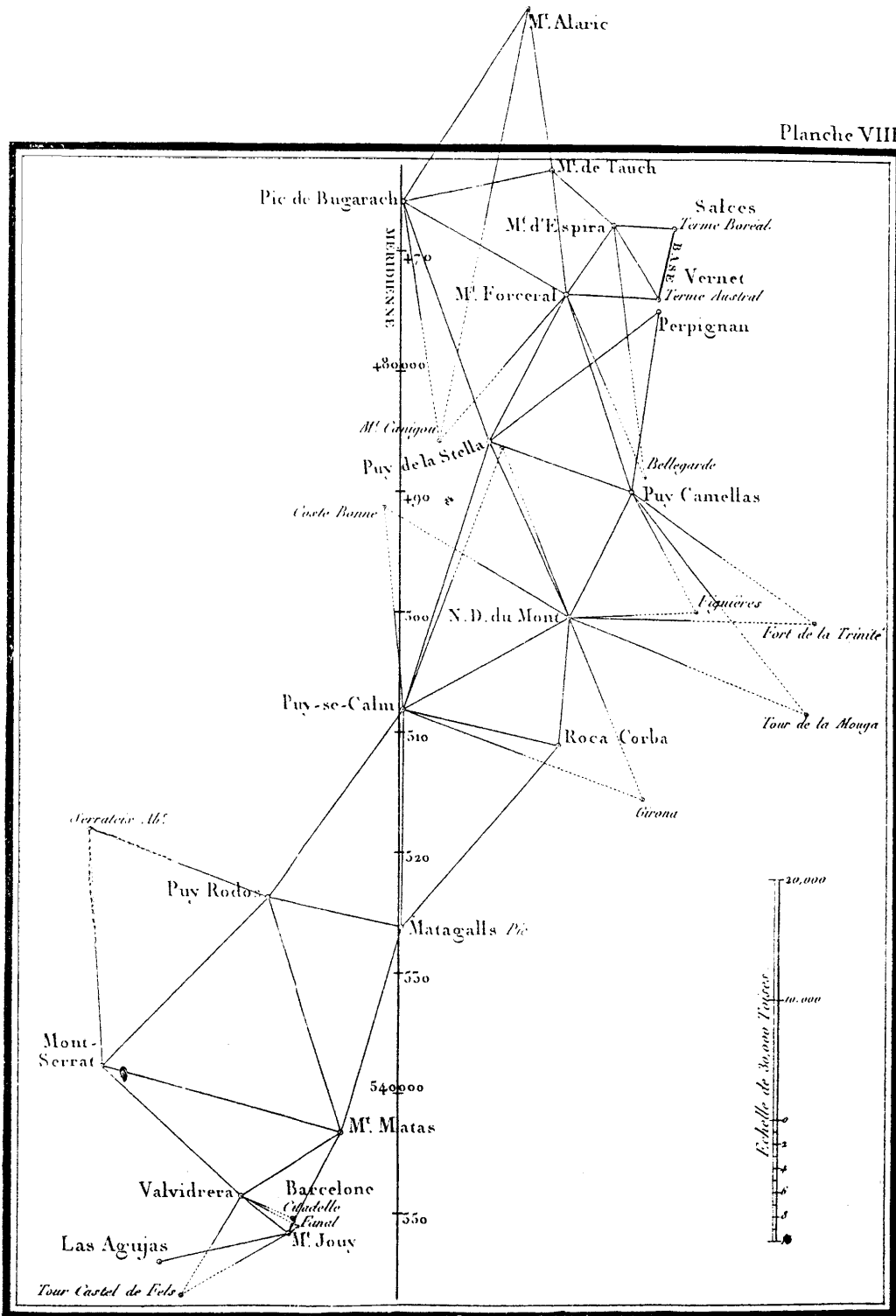


Figura 4

Entre 1794 i 1799 hi varen haver contactes internacionals per aconseguir l'acceptació de les noves unitats. Jean-Baptiste Le Chevalier va portar a Madrid mostres de les noves mesures. A Espanya, com en altres països, el metre era considerat socialment perillós i políticament incorrecte, més com un símbol republicà que com una innocent unitat de mesura. Això es va posar de manifest en l'actitud de Godoy respecte a la visita de Le Chevalier. L'havia d'atendre per tal de preservar les bones relacions amb França, però Salvador Jiménez (del Cuerpo de Ingenieros del Estado i assessor científic de Godoy) li proposa:

"Si el ánimo de VE, como supongo, es atajar esta astucia republicana sería bueno que si vuelve (Le Chevalier) le diga que me entregue las medidas diciéndole que nadie mejor que los ingenieros están en el caso de irlos empleando. Chevalier se irá y las medidas no las verán ni los ingenieros siquiera"

Va deixar les mostres a l'Acadèmia d'Història on va trobar més receptivitat.

El 22 de juny de 1799 es dipositen als Archives de la République a París dos patrons de platí que representen el metre i el quilogram. La longitud del patró metre correspon a la deumilionèsima part del quadrant de meridià terrestre que havia estat calculat gràcies als esforços de Méchain i Delambre. El quilogram es defineix com la massa d'un decímetre cúbic d'aigua.

El 10 de desembre de 1799 Napoleó promulga la llei que estableix com a nou sistema d'unitats, el Sistema Mètric Decimal, basat en el metre i el quilogram.

Segona expedició. Mort de Méchain

El dia 31 d'agost de 1802 es decideix emprendre una segona expedició amb l'objectiu d'allargar la mesura de l'arc de meridià fins a Formentera. Hi ha dues raons fonamentals:

- Quan més llarg sigui l'arc mesurat directament sobre el terreny més precisió s'obindrà per a la mesura total del meridià
- Allargar l'amidament fins a Formentera permetrà disposar d'un arc de meridià bastant centrat entorn dels 45° de latitud i minimitzar així els efectes de l'aplanament de la Terra.

Méchain insisteix molt en participar-hi, sembla ser que preocupat pel suposat error que havia detectat a Barcelona. Com a comissari espanyol s'incorpora fra Agustí Canelles.

Quan Méchain està fent observacions des del Desert de les Palmes (prop de Castelló) se li presenten els símptomes de la febre groga, epidèmia que estava assolant el sud d'Espanya (Màlaga la va patir especialment). Mor a Castelló de la Plana el 20 de setembre de 1804.

Tercera expedició. Les aventures de Francesc Aragó

El 2 de maig de 1806 es decideix continuar els amidaments que havien estat interromputs per la mort de Méchain. Ara l'expedició està a càrrec de Jean B. Biot i de Francesc Aragó, que tan sols té 20 anys. Els comissaris espanyols són Joseph Chaix i José Rodríguez González. El govern espanyol els posa un petit vaixell a la seva disposició "*El Místico*".

Mentre està fent observacions en el Desert de les Palmes (precisament on havia emmalaltit Méchain) Jean Baptiste Biot es troba malament i, molt espantat, demana ajut al científic tarragoní Antoni Martí Franquès, que l'atén a casa seva fins que es recupera. Finalment

retorna a França i Francesc Aragó, jove científic nascut a Estagell prop de Perpinyà, es fa càrrec de continuar les operacions. Es tracta de completar els darrers grans triangles que es presenten a la **figura 5**.

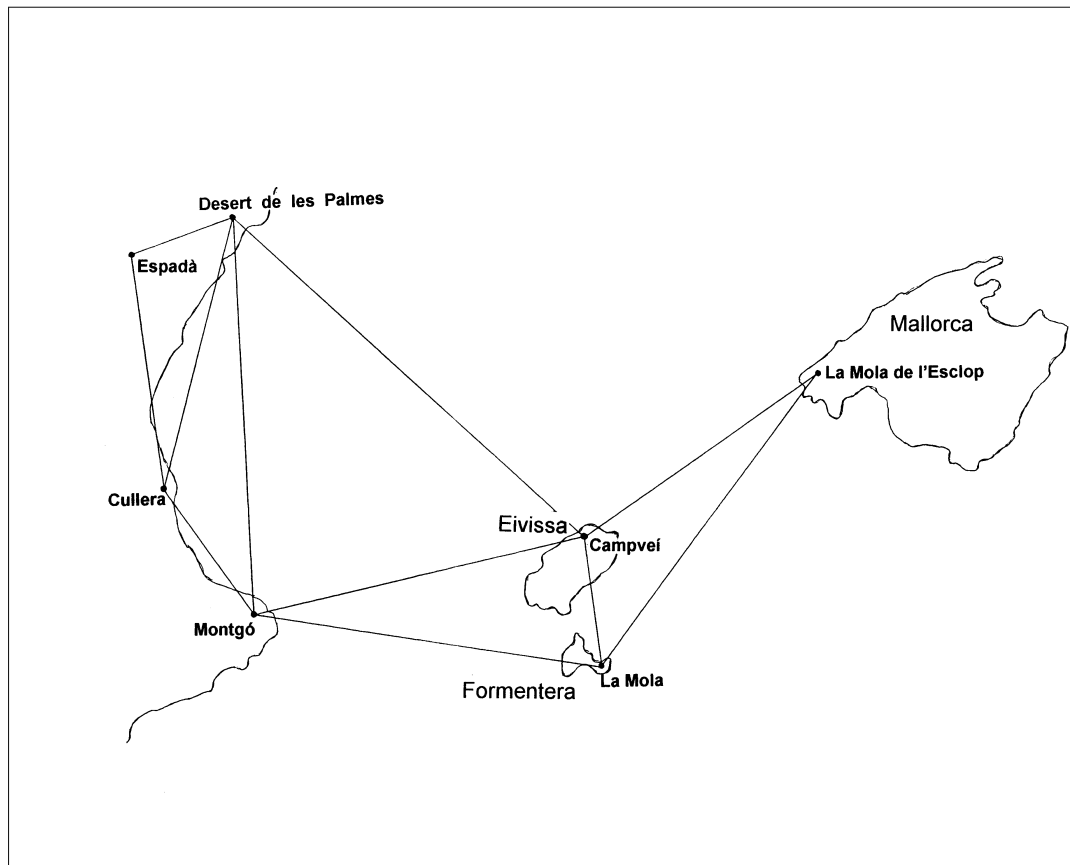


Figura 5

Les dificultats varen ser importants però les especials aptituds aventureres d'Aragó varen resoldre moltes situacions delicades. Permeteu-me que en citi dos exemples que tenen fins i tot trets còmics.

- A Formentera, per evitar que la gent li destruïssin un senyal el va construir en forma de creu i va demanar al bisbe indulgències pels que resessin davant d'ella.
- El 6 de maig de 1808 es va traslladar a Mallorca i es va instal·lar al cim de la Mola de l'Esclop a la Serra de Tramuntana. Va treballar amb relativa tranquil·litat completant els darrers grans triangles fins el 27 de maig de 1808 en què arriben a Mallorca les primeres notícies de la guerra del francès. A partir d'aquí s'inicia una història rocambolesca:

La gent de les rodalies se'n recorda del francès que fa estranys senyals nocturns des de les muntanyes. No hi ha cap dubte que es tracta d'un espia. Immediatament es forma un grup per a capturar a tan perillós personatge! Un mariner de *El Místico* l'avisava i li proporciona un vestit de mariner. Tot baixant es troba amb el grup armat

que puja. Els pregunta en català (recordem que és nascut prop de Perpinyà!) "*On aneu tan decidits?*". Li contesten "*A matar al francès de l'Esclop que és un espia*". Ell respon "*Molt ben fet. Doneu-li un cop de part meva!*". Arribats de nou al vaixell, el capità (atent al canvi de situació) tan sols li ofereix una caixa de fusta per amagar-s'hi. No hi cap. José Rodríguez demana al Capità General que el posi a la presó de Bellver on, almenys, estarà segur. Dies després fuig cap a Alger on s'enfronta amb diverses aventures fins que pot sortir en direcció a Marsella. Quan quasi hi està arribant, un petit corsari català el porta presoner cap a Roses. A Roses l'arresten 40 dies en un molí, després a l'església i després al castell de la Trinitat. Aconseguix la llibertat convencent als vigilants que no és francès ja que parla molt bé el català (Això el salva per segona vegada!).

El 30 d'agost de 1809 Aragó presenta a l'Acadèmia la memòria científica on completa els càlculs de les expedicions anteriors i estableix que la longitud del meridià és de 60 toeses més que la calculada inicialment.

Progressiva adopció del Sistema Mètric Decimal

El Sistema Internacional d'unitats

El Sistema Mètric Decimal havia nascut però li quedava per recórrer el llarg camí del reconeixement per part dels diferents països:

Bèlgica i Holanda a l'any 1816
Itàlia a l'any 1845
Espanya a l'any 1849
Grècia a l'any 1849
Portugal a l'any 1852
Alemanya a l'any 1870
Àustria a l'any 1873
Suïssa a l'any 1875
Noruega a l'any 1879,....

El 20 de maig de 1875 se signa a París la **Convenció del Metre**. Inicialment hi participen 17 estats entre els quals tan sols n'hi ha un de llengua anglesa, els Estats Units. Actualment hi ha 48 estats adherits. La Convenció del Metre crea tres organismes metroològics internacionals:

- La **Conferència General de Peses i Mesures** que reuneix, cada 4 anys, delegats de tots els estats membres.
- El **Comitè Internacional de Peses i Mesures** que és un comitè tècnic de 18 membres que, escollits per la Conferència General, es reuneixen anualment.
- L'**Oficina Internacional de Peses i Mesures** que constitueix el centre internacional de metrologia i que té la seva seu a Sèvres, prop de París. Actualment hi treballen unes 70 persones de diferents nacionalitats.

Entre els anys 1878 i 1889 es construeixen i calibren 30 prototips de metre i 40 de quilogram. Se n'escull un de cada com a prototips internacionals i el dia 28 de setembre de 1889 es diposita a l'Oficina Internacional de Peses i Mesures el nou patró del **metre internacional** que es concreta en la longitud a 0° d'una barra de platí amb un 10% de iridi,

dura, bastant inalterable per la temperatura i amb un punt de fusió alt.

A l'any 1960 la Conferència General de Peses i Mesures adopta diverses decisions molt importants:

- S'estableix com a nova definició de metre la longitud igual a 1650763.73 longituds d'ona en el buit de la radiació corresponent a la transició entre els nivells de energia $2p_{10}$ i $5d_5$ de l'àtom de criptó 86.
- Es fixen les unitats bàsiques i les derivades. Les bàsiques són set: el metre, el quilogram, el segon, l'amper, el kelvin, el mol i la candela.
- S'estableixen els prefixes i els símbols per formar el nom dels múltiples i submúltiples decimals de les unitats.
- S'adopta en nom de **Sistema Internacional d'unitats (SI)**.

A l'any 1983 la Conferència General de Peses i Mesures vincula la definició del metre a la velocitat de la llum establint el metre com la trajectòria que recorre la llum en el buit durant $1/299792458$ de segon.

Aquesta és la història d'una gran aventura científica que es va iniciar quasi a casa nostra. Les nostres muntanyes encara en conserven testimonis i la ciutat de Barcelona, per fer-ne memòria, ha aixecat, a la plaça de les Glòries un monument al metre que reproduïx el relleu sobre l'arc de meridià entre Barcelona i Dunkerque tot seguint, naturalment, la direcció de l'avinguda Meridiana. Us en recomano la visita!

CONCLUSIÓ

Dèiem al principi que hi ha coses que ens resulten tan familiars, tan habituals,... que no els hi donem importància. Ens hem aturat en tres d'elles relacionades amb les Matemàtiques - el sistema de numeració posicional, el calendari i el Sistema Internacional d'unitats- i darrera de cadascuna hi hem descobert perfils profundament humans.

Devem molt a aquests personatges i a molts d'altres, el nom dels quals potser ja ningú recorda, que varen protagonitzar des de les Matemàtiques formidables gestes científiques, que no varen tenir por d'apropar-se a la utopia, que destruïren prejudicis i que varen obrir nous camins al progrés científic i social.

Moltes gràcies!