

CIÈNCIA

ANY I
NUM. 7

REVISTA CATALANA
DE
CIÈNCIA I TECNOLOGIA

AGOST
DE 1926

ALGUNES INVESTIGACIONS SOBRE LES VERGELLES DELS SAURÍS

DE força temps ençà hom ve parlant dels homes que proveïts d'una vergella de fusta o d'un pèndol, que pot ésser, simplement, un rellotge amb la seva cadena, pretenen saber trobar caudals d'aigua, amb ço que manifesten posseir una sensibilitat especial que no tenen la majoria de persones. El crèdit que gaudeixen els saurís és molt variable; recolza, naturalment, en els èxits o fracassos que en la recerca de les aigües han pogut tenir, però, fins fa poc temps, mereixien el més absolut menyspreu de la gent de cultura i majorment dels homes de ciència.

És innegable que els fracassos dels saurís són, realment, formidables, tant en qualitat com en quantitat; d'ací que hom no vacilli a atribuir llurs encerts a la casualitat. En efecte l'esperit científic del segle XIX, francament contrari a tot el què no sigui ciència positiva, per tal de significar la seva reacció contra el reverdiment de la màgia de les acaballes del segle XVIII, tendia a abandonar l'estudi d'un fenomen privatiu de determinades persones i no susceptible, per tant, de reproduir en la forma com els científics reproduïen qualsevol fenomen físic o químic. Aquesta evident dificultat de comprovació ha bandejat el problema que ens ocupa dels límits del camp cien-

tífic i ha creat al seu voltant un fort escepticisme, que la por a un possible ridícul va sostenint.

I aquesta herència d'incrèdilitat ha arribat a nosaltres. Jo mateix era absolutament escèptic; la idea que el fenomen podés ésser cert ni tan sols passava per la meva ment i, per tant, no tenia el menor interès en la seva investigació. En el món científic, però, començava ja a obrir-se pas la idea de la seva possibilitat. Homes de la talla científica de LEMOINE, professor del Museu de París i expresident de la Societat Geològica de França; el conegudíssim hidròleg i explorador de cavernes, M. MARTEL; el filòsof Gustave LE BON; el catedràtic de física experimental de Dublín, Mr. BARRET; els doctors RICHET, OSTY, ARSONVAL i MARGÉ; l'enginyer agrònom de la Reial Casa, Rafael JANINI i molts d'altres, no han vacillat a publicar treballs tractant del fenomen esmentat, vencent la formidable inèrcia científica i havent de suportar els somriures d'incrèdilitat dels que tenen de la ciència un criteri estrictament conservador.

Haig de confessar sincerament que jo era també d'aquests darrers, quan el G. ADRIA, dels Gabriels de Valls, persona que per la seva intel·ligència i cultura em mereix tots els respectes, em parlà en sentit afirmatiu de la

realitat del fenomen. No vaig dubtar ni un moment de la seva bona fe; però sí, el considerí un suggestionat i atribuí els seus èxits a coneixements geològics que manejava subconscientment i que li feien moure la vareta allà on la geologia li indicava la presència de corrents subterranis d'aigua. Però ell, amb una paciència que mai no li agrairé prou, em va fer repetir els experiments, de guisa que àdhuc tota idea d'una possible influència psíquica o metapsíquica sobre meu fos eliminada. Els resultats, si bé no em persuadiren fermament, em menaren a la conseqüència que calia estudiar el fet amb tot detall.

No puc, en els reduïts límits d'un article, que prou llarg serà de si, exposar pas a pas la sèrie de fets que motivaren el meu canvi de parer, fins el punt d'arribar a la convicció ferma de la realitat del fenomen. Això serà un treball llarg que té d'ésser àmpliament discutit. Deixo també de banda el relat de les experiències fetes a Gènova i preparades pel catedràtic d'aquella Universitat l'eminent professor ROVERETTO, que acaba de publicar a Itàlia un treball donant compte de llurs resultats ¹. En aquest article m'ocuparé solament de certes experiències que m'han permès d'obtenir corbes susceptibles de fixar llur equació. La importància d'aquest fet recolza en què, un cop comprovada la seva realitat, faria entrar l'afer de la vergella dins del camp científic, amb la qual cosa es resoluria, d'una vegada, la qüestió de si és o no veritat el fenomen. Les experiències es poden refer, i si de llur repetició per altres individus s'obtenen també corbes geomètriques del mateix ordre, s'haurà iniciat el neixement d'una ciència nova que, seguint a M. P. LEMOINE, podríem anomenar *ciència ràbdica* o potser millor *Rabdologia*.

* * *

La poca literatura existent sobre les vergelles adoleix, en general, de la falta d'un estricte criteri científic. Els autors són o bé persones

científiques que es limiten a relatar experiments que, en general, per llur defectuosa preparació difícilment podien donar resultats concludents, o bé són sauris mateixos que faltats de cultura científica, o amb una pseudo-cultura més lamentable encara, escriuen uns llibres fantàstics, amb més bona fe del què es creu, però que, forçosament, no poden inspirar interès a un home de criteri científic.

Cal, però, fer esment d'una manifesta excepció. La constitueix l'aparició, en 1913, del treball de M. LEMOINE ², l'illustre geòleg, el qual realitzà, juntament amb el professor J. B. SENDERENS, unes interessants experiències de rabdomància, utilitzant com a operador el saurí francès Ab. CAUBIN; les experiències es referiren a l'acció dels minerals sobre la vergella i, molt especialment, sobre la distància en la qual llur acció es manifesta en relació a la massa de substància química que acciona sobre ella. Els resultats són condensats en unes gràfiques, de les que dedueix que la distància de sensibilitat és proporcional al pes de la substància activa. M. LEMOINE no fixa, però, la naturalesa d'aquesta proporcionalitat.

Els resultats obtinguts en les nostres experiències ens han menat a tractar de determinar la llei de la relació que indica LEMOINE. A aquest fi, hem calculat d'entre els seus experiments l'únic del qual dona prou dades, ço és, el de l'or, i hem trobat que la relació indicada per LEMOINE no és proporcional, sinó que, a l'igual que en alguns dels meus experiments, obeeix a una corba d'equació exponencial. Acatat l'estudi de les meves experiències i a guisa de apèndix parlaré d'aquests resultats.

Correspon, doncs, a LEMOINE la prioritat d'haver estudiat científicament el fenomen, així com de la descoberta de les accions remanents, designant sota aquesta denominació el fet de què retirat el mineral del lloc on estava, continua encara, per un cert temps, la seva acció. Aquest és un fenomen que he comprovat moltíssimes vegades i que cal tenir molt en

¹ G. ROVERETTO - La forza rabdica. - Revista tècnica "Ingegneria", Milan, març 1926.

² PAUL LEMOINE. - Quelques observations sur la baguette adivinatoire. Bulletin de la Société Philomatique de Paris. 10^{ème} série, vol. V. 1913.

compte, puix que pot alterar completament els resultats de les experiències. També assenyala LEMOINE la importància de les perturbacions atmosfèriques, les quals tenen una influència capital ³.

Dels llibres publicats per saurís mateixos, té especial importància el de M. LANDESQUE ⁴, editat en 1920, però que fins fa molt pocs dies no ha arribat a les meves mans. Amb sorpresa hi he trobat una gràfica interessantíssima, segons la qual, per un camí totalment diferent, obté resultats notablement concordants amb els meus. És llàstima que l'autor no hagi analitzat matemàticament l'esmentada gràfica, la qual passa sense donar-hi gran importància. En l'apèndix d'aquest treball m'hi referiré de nou. De totes maneres, m'interessa fer constar que totes les experiències fetes, així com l'estudi de les gràfiques obtingudes, han estat realitzats sense tenir jo la més petita sospita dels resultats de M. LANDESQUE ni de M. LEMOINE.

* * *

Els problemes pràctics que cal resoldre en la recerca d'aigües subterrànies són, en primer lloc, l'existència del corrent o del mantell a un punt determinat. Cal tenir present que ni la vergella ni el pèndol poden avui donar la clau d'això; indiquen, simplement, l'existència d'una anormalitat, la qual pot ésser deguda a diverses causes: presència d'aigua, de minerals, coves, escletxa, etc., en aquell lloc. La determinació de si la susdita anormalitat és deguda a l'aigua, correspon ja a la geologia. En segon lloc, la fondària; els saurís empren mètodes d'un fons veritable, però subjectes a nombrosíssimes i greus causes d'error ⁵.

El tercer punt a resoldre és la determinació

dels caudals; els saurís es funden en la intensitat de la sensació rebuda o segueixen altres mètodes molt subjectes a errors. Per tal d'evitar-los, se'm va ocórrer de penjar pesos a la vareta; des del primer moment podí observar que els corrents més intensos alçaven pesos majors.

La tècnica dels experiments és indicada, en cada un d'ells, puix que varia entre certs límits. Els raonaments sobre les xifres obtingudes i llurs relacions amb els caudals han estat fets a base del maneig del paper mil·limètric i del paper logarítmic doble i simple.

Les rectes en paper logarítmic doble denoten corbes d'equació potencial, és a dir:

$$y = ax^n$$

Aquestes corbes són paràboles quan $n=2$, ço és

$$y = ax^2$$

Les que són rectes en paper logarítmic simples, són corbes d'equació exponencial:

$$y = a^x$$

Com a figures posarem, per a cada experiència, la gràfica en paper mil·limètric i, ademés, la gràfica en paper logarítmic simple o doble, en els casos en què aquesta gràfica sigui representada per una recta i quedin ben explicades les discrepàncies possibles.

EXPERIENCIA DE GENOVA

Durant un dels meus darrers viatges a l'estranger, vaig realitzar, en una finca del prof. ROVERETTO, una sèrie de experiències que acaben d'ésser publicades per part de l'illustre geòleg ¹. En aquestes proves se'm va ocórrer d'aprofitar una canyeria de pas d'aigua, la qual podia graduar-se a voluntat, per tal de tractar d'esbrinar la relació existent entre els pesos alçats i els caudals. L'experiència es va fer situant-me jo sobre la canyeria que estava enterrada; el professor ROVERETTO mirava el caudal bell punt jo havia anotat el pes alçat. Per evitar els efectes remanents, el professor anava obrint cada vegada més l'aixeta. Els resultats foren:

Caudal en litres per minut	Pesos alçats	Pesos no alçats
0'250	000	
0'500	100 gr.	250 gr.
1'250	250 gr.	?
2'250	450 gr.	550 gr.
6.000	700 gr.	900 gr.
20.000	900 gr.	1000 gr.

¹ El G. ADRIA, ha tingut la benvolença de comunicar-me verbalment que treballant va notar unes perturbacions d'intensitat extraordinària que varen resultar haver coincidit en dia i hora amb la tempesta magnètica del 12 de febrer darrer.

² P. LANDESQUE - Hydrologie et hidroscoPie. París, Dunot, éditeur, 1920.

³ Actualment estic treballant intensament sobre aquesta qüestió seguint camins completament nous; però és encara del tot prematur publicar-ne res. Sols m'atreveixo a avançar que sembla existir relacions matemàtiques entre les fondàries indicades i la fondària real de l'anormalitat notada.

L'examen de la fig. 1 indica com si s'uneixen els punts, s'obté una corba que recorda la forma d'una exponencial⁶.

Però el fet de tractar-se d'un experiment improvisat no permet dur més enllà les nostres educacions. Els punts portats sobre els diversos papers logarítmics no donen rectes en cap d'ells; únicament, en el paper logarítmic simple de x , representat per divisions iguals, sembla manifestar-se una certa tendència a una recta; però dels cinc punts, un divergeix en 55 gr alçats, un altre en 45 gr. i un tercer amb 25 gr, errors formidables que priven de treure cap conseqüència. Aquestes diferències no són, però, d'estranyar, donada la forma com es verifica l'experi-

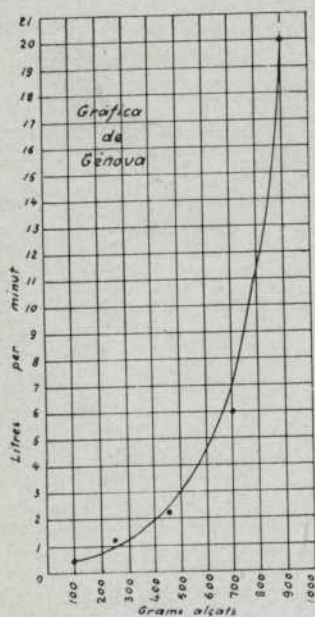


Fig. 1

Experiència en Gènova. Gràfica en paper mil·limètric. Els punts indiquen els valors trobats i la línia la trajectòria que espondria a una equació exponencial

ment i, sobre tot, els pocs pesos de què disposàvem. Aquesta experiència, doncs, no té cap altre valor que el de cridar l'atenció sobre l'existència d'una certa regularitat i animar, per tant, a seguir per aquest camí. De totes maneres interessa fer notar que el pendent de aquesta recta mitja és de 45°; no s'allunya, per tant, del pendent general de les altres rectes en el mateix paper. Això és, evidentment, una dada de valor a favor de la hipòtesi que realment es tracta d'errors d'observació d'un fenomen que obeeix a una llei.

EXPERIÈNCIES DE L'INSTITUT DE TARRAGONA.

Com ja hem dit, l'experiència de Gènova, improvisada, donà resultats interessants, però, evidentment, d'un valor científic gairebé nul. Calia, doncs, repetir més seriosament les experiències, la qual cosa vâreig fer, al meu retorn, a darrers de maig de l'any passat, en el jardí de l'Institut, aprofitant una canyeria de plom subterrània, que conduïa l'aigua a un antic brollador (fig. 2).

El treball el feu sobre el fil conductor, mentre que a Gènova el vaig fer directament sobre la canyeria⁷. Vâreig emprar, segons els experiments, vergelles de balena, diversament colorides i pesos de diversa naturalesa, però generalment no metàl·lics⁸. La medició del caudal es féu sempre després d'anotar el resultat i era augmentat gradualment per tal d'evitar tota acció remanent pertorbadora.

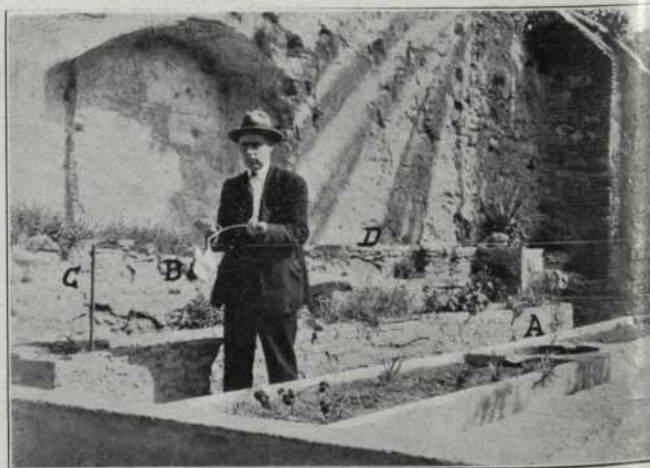


Fig. 2

Experiència feta a l'Institut de Tarragona
A. Brollador amb tub corbat, per tal de facilitar la mesura de l'aigua. B. La vergella amb el pes. C. Pal situat sobre el corrent, del qual pal parteix el fil D. Es sobre aquest fil, i a una distància del pal en relació amb la fondària, que es produeix l'acció ràbdica

⁶ Hem de fer notar que les corbes obtingudes, encara que a la vista sobre el paper mil·limètric recordin les paràboles o branques de paràbola, en realitat poden ésser corbes d'equació diferent.

⁷ El fil conductor és un mètode de determinació de fondàries de les diverses anomalies sobre una mateixa vertical del terreny. Al llarg del fil s'escalonen les anomalies amb relació a la seva existència a la

vertical del sol. Això té l'avantatge d'eliminar la influència de les altres anomalies més fondues que la que es vol estudiar; és un fenomen d'existència real, si bé absolutament inexplicable.

⁸ Per un descurt imperdonable, en els experiments de l'Institut em vaig oblidar d'apuntar la naturalesa dels pesos alçats en la majoria dels casos, tot i que realment, això té influència en la llei obtinguda.

TAULA I

Observació	Data	Estat del temps	Color de la vergella	Caudal en lts. per m.	Pesos alçats en grams	Pesos no alçats en grs.
A	24/5/25	Cel ennuvolat i vent bastant fort	Blau clar	0'000	000	—
				0'150	110	220
				0'800	220	315
				1'300	270	315
				2'000	315	400
				2'500	315	400
B	24/5/25	Idèntic al de l'observació A	Blau fosc	0'000	000	—
				0'150	220	315
				0'800	315	400
				1'300	315	400
				2'000	400	505
				2'500	400	505
C	24/5/25	Idèntic a A i B	Vermell	0'000	000	—
				0'150	110	220
				0'800	220	315
				1'300	270	315
				2'000	315	400
				2'500	315	400
D	26/5/25 i 27/5/25	Temps encalmat i cel ennuvolat	Blau clar	0'000	000	—
				0'050	000	—
				0'310	35	50
				0'540	85	100
				0'890	125	135
				1'880	135	150
				2'000	150	160
2'400	160	175				
E	26/5/25 i 27/5/25	Igual a D	Blau fosc	0'000	000	—
				0'060	250	260
				0'310	375	400
				0'540	410	425
				0'890	450	475
				1'880	525	535
				2'000	535	550
2'400	550	560				

DISCUSSIÓ DELS RESULTATS DE LA TAULA I

Són de notar els resultats idèntics obtinguts amb les vergelles blava clara i vermella en les observacions A i C, la qual cosa fa que les gràfiques respectives es confonguin (fig. 3 i 4). Aquest és un argument incidental a favor de la realitat del fenomen, puix en treballar amb la vergella vermella no recordava els resultats obtinguts amb l'altra.

La gràfica dels experiments A i C mostra sobre el paper logarítmic quatre punts pràcticament en línia

recta. Sols discrepa, aparentment, el darrer; però cal considerar que els resultats de l'experiència el donen com a superior a 315 gr i inferior a 400, el que indica que està comprès entre aquestes dues xifres; efectivament, la prolongació de la línia talla, precisament, el caudal dels dos litres i mig als 355 gr, valor que no podèrem apreciar pràcticament per falta de pesos intermitjos.

La gràfica de l'experiment B mostra la mateixa anomalia. Ademés, el tercer punt, en aparença, discrepa també fortament; fàcilment pot observar-se,

però, que aquesta divergència sembla deguda a la mateixa causa que les anteriors, és a dir que el salt de 315 a 400 gr sense pesos intermitjos, forçosament havia d'originar un zig-zag en prendre els pesos alçats per construir la gràfica. N'és, fins a cert punt, una prova, el fet que el quart punt s'escaigui, sobre el paper logarítmic, en línia recta amb els punts primer i segon.

Les gràfiques que acabem de mostrar disten molt de poder-se considerar impecables. Les A i C sols

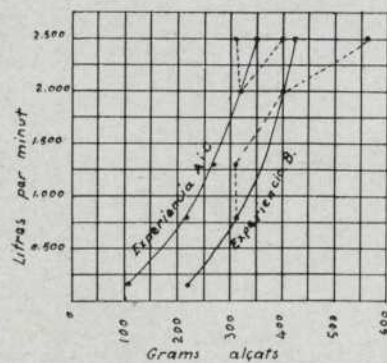


Fig. 3

mostren quatre punts en línia recta, tot i que sembla ben explicada la divergència del punt quint. De totes maneres no fóra lògic atribuir a l'atzar els quatre punts coincidents. Per aquestes raons sembla que podem admetre, com a equacions aproximades, les següents:

$$\text{Experiments A i C: } y = \frac{x^{2.75}}{306}$$

$$\text{Experiment B: } y = \frac{x^{2.81}}{4167000}$$

x =grams.
 y =centímetres cúbics per minut.

D'on es dedueix que la corba dels experiments A i C, és molt pròxima a una paràbola.

La figura 5 mostra la gràfica de l'observació D. L'intent de passar-la sobre els papers logarítmics no ha aclarit aquesta gràfica. Cal remarcar que en totes les gràfiques apareixen dos errors d'observació ben manifestos, però amb el paper logarítmic doble, tots els punts, excepció feta d'aquests dos esmentats, estan situats sobre una corba imaginària d'apariència senzillíssima, la qual corba, en paper simple de x

divisions regulars, apareix com una línia trencada de dues branques i en el de x representat per divisions logarítmiques es mostra també com una cor-

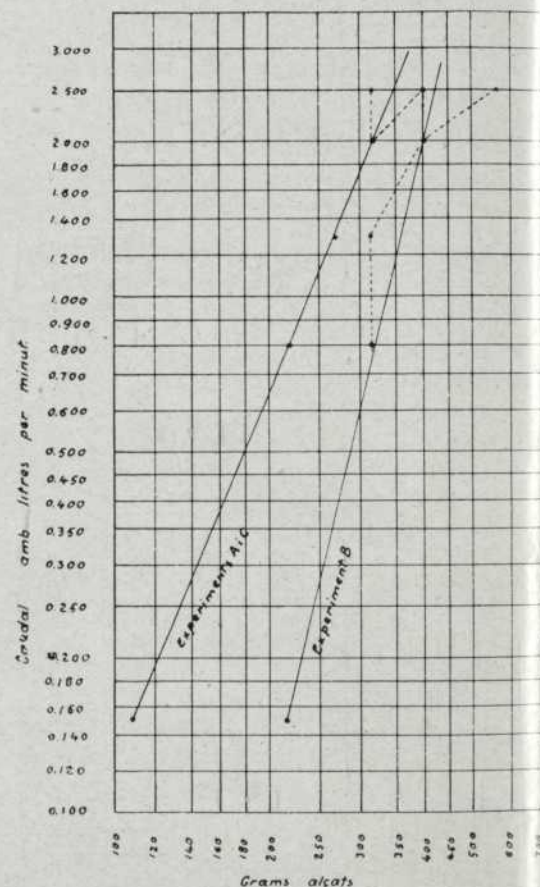


Fig. 4

ba, llevat sempre dels dos errors d'observació ja dits. D'ací que el valor d'aquest experiment és gairebé nul.

Les gràfiques 6 i 7, les quals corresponen a l'observació E, semblen posseir totes les garanties

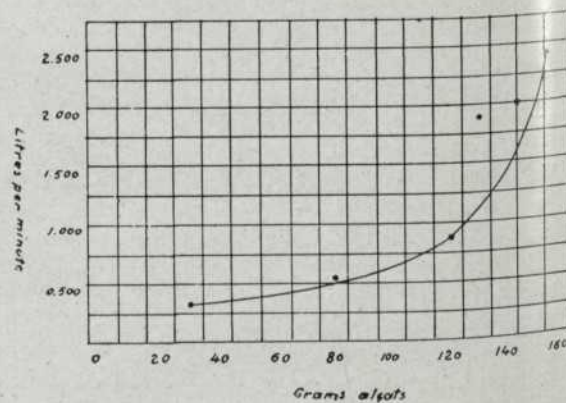


Fig. 5

de què realment es tracta d'una corba que obeeix a una llei; tenim, sobre el paper logarítmic doble, sis punts pràcticament en línia recta i un sol que divergeix tan poc, que bastaria un petit error de medició de caudal per explicar la seva situació una mica discrepant. La seva equació aproximada pot donar-se per

$$y = \frac{x^{4.783}}{80,40000000}$$

en la qual x expressa el pes alçat en grams i y el caudal en cc.

Aquesta gràfica sembla mostrar, per ella sola, que els pesos alçats per cada caudal d'aigua, no obeeixen a l'atzar, sinó a una llei susceptible de condensar-se en una equació.

* * *

Les experiències anteriors són fetes sobre una tuberia el caudal màxim de la qual és de dos litres i

plaçament de la qual es determinà mitjantçant la vergella i treballant sobre el fil. La Taula II condensa les característiques i resultats d'aquests nous assaigs.

DISCUSSIÓ DELS RESULTATS DE LA TAULA II

Les figures 8 i 9 donen les gràfiques de l'experiència F , juntament amb les gràfiques corresponents a les altres observacions dels mateixos dia i lloc, per tal de permetre la comparació.

El paper mil·limètric ens dona, per a les experiències F i H , corbes d'apariència parabòlica, mentre que la G mostra molt clarament l'efecte de cedir la vergella al pes. Tant en paper logarítmic doble com en el senzill de x , representat per divisions logarítmiques, els punts dibuixen corbes; en canvi en el paper logarítmic en el qual x és representat per divisions iguals (fig. 9), tracen una recta amb el punt corresponent al pes mínim alçat, el qual discrepa a to-

TAULA II

Observació	Data	Estat del temps	Color de la vergella	Caudal en lts. per m.	Pesos alçats en grams	Pesos no alçats en grs.	Tipus dels pesos
F	1/6/25	Magnífic i calurós degut a la reflexió solar	Blau clar	0'280	185	200	No metàl·lics, en bosses blaves
				0'570	400	415	
				1'200	550	565	
				2'000	635	650	
				4'250	750	765	
				6'650	825	835	
G	1/6/25	Idèntic a F	Vermell Vergella molt prima	0'280	310	325	No metàl·lics, en bosses vermelles
				0'570	500	510	
				1'200	635	650	
				2'000	735*	735	
				4'250	700(?)	775(?)	
				6'650	800(?)	810(?)	
H	1/6/25	Igual a F i G		0'280	550	565	No metàl·lics, en bosses blau clar
				0'570	725	735	
				1'200	835	850	
				2'000	935. La vergella es trenca**	935	
				4'250			

* A partir dels 735 alçats, la vergella cedeix notablement al pes i es doblega cada vegada més; d'aquí que el límit de pes alçat es determini amb moltes vacil·lacions.

** El trencament de la vergella ha estat degut al seu diàmetre (5.5 mm), molt resistent a cedir al pes; cas contrari del de l'obs. G.

mig per minut; el desig de poder variar les circumstàncies de les experiències entre majors límits, emmenà a continuar-les sobre una altra canyeria capaç de donar un dèbit major. Fou escollida la conducció del pati de gimnàsia del mateix Institut, l'em-

tes en el sentit d'ésser alçat un pes menor del que correspondria.

La corba més completa de les tres és la de l'experiència F , la qual mostra quatre punts a la branca superior i dos a la inferior. La corresponent a l'ex-

periment G mostra clarament l'efecte de cedir la vergella al pes, en els seus dos punts superiors. La H per seqüència d'haver-se trencat, sols pot manifestar tres punts pràcticament en línia recta.

Considerades isoladament, aquestes tres corbes poca cosa diuen. La branca superior de la F obeiria a l'equació següent, sempre que ens donem per satis-

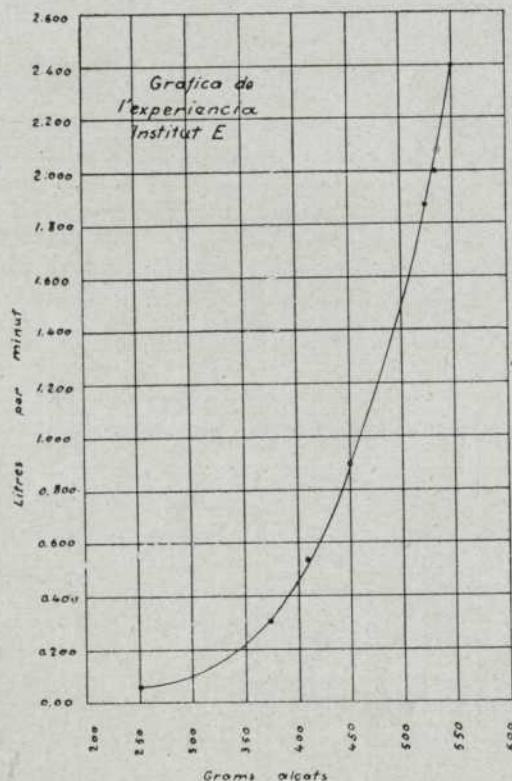


Fig. 6

fets a considerar solament quatre punts:

$$y = 33.55 \times 1.0065^x$$

(y =centímetres cúbics per minut; x =grams alçats.)

Les altres, solament amb tres punts, fóra una temeritat considerar-les com a valor matemàtic. Però si les considerem en conjunt, veurem manifestar-se un relatiu paral·lisme notabilíssim, no sols en les branques superiors sinó en les inferiors. El factor casualitat difícilment podria explicar aquesta disposició relativa de corbes que, per altra part, divergeixen tant.

EXPERIÈNCIES DE CALDETES

De la discussió que acabem d'exposar, resulta que tot i haver obtingut corbes geomètriques que semblen allunyar tota hipòtesi basada en l'existència del factor casualitat, hom no pot deduir conclusions definiti-

ves, per tal com a petites variacions del caudal corresponen grans variacions de pes; además, els experiments anteriors han estat fets sense control i era

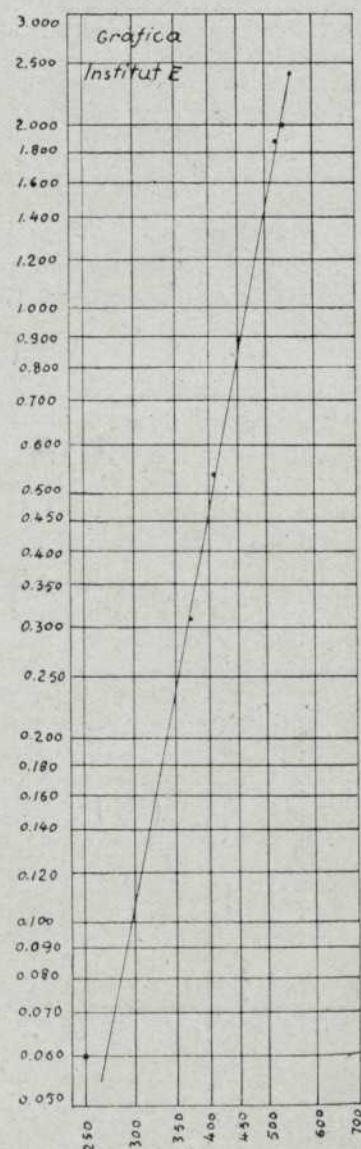


Fig. 7

jo mateix qui mirava el caudal una vegada determinat el pes alçat per les vergelles.

Exposats els resultats al G. ADRIA, vàrem projectar una experiència més ben controlada; a aquest objecte el superior dels Gabriels va posar la residència provincial de Caldetes (Barcelona) a la nostra disposició, així com el personal del qual disposava. Aprofito aquesta avinentesa per expressar els més afectuosos regreïments per les facilitats que ens donaren i per totes les atencions que devés nosaltres tingueren.

A la part superior de la finca hi ha un llac de molta cabuda, l'aigua del qual, per un conducte subterrani de terra cuita, va a sortir a un nivell bastant inferior després de recórrer cosa d'un centenar de metres. El seu pas està graduat per una aixeta que permet passar fins 750 litres per minut, aproximadament. El punt escollit per als treballs és un lloc des del qual no és visible ni l'aixeta de sortida ni el

vergella i utilitzant els mateixos pesos. Aquests eren una sèrie de pesos de sorra en bosses blanques i una altra sèrie de metàl·lics de llautó o d'argent.

Operant d'aquesta manera obtenim la confirmació de la veritat del fenomen per dos camins: un, la concordància dels pesos aixecats per un i altre operant

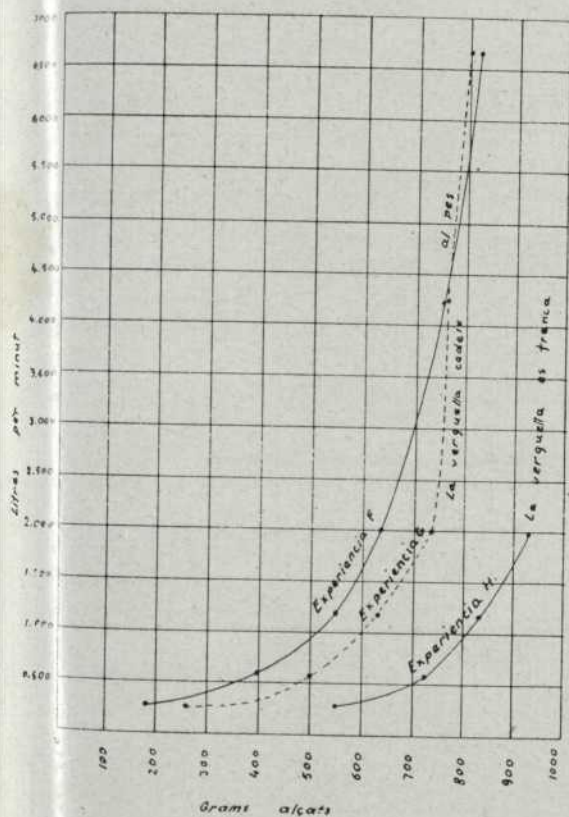


Fig. 8

punt on l'aigua ix; en aquest punt es feien les medicions del caudal, cronometrant el temps emprat per omplir-se una mesura de cinquanta litres amb el flotador i calculant el promig de quatre o cinc medicions.

El treball fou organitzat com segueix:

Un dels germans es cuidava d'anar obrint el pas a l'aigua i altres dos, a l'altre extrem de la tuberia, mesuraven el caudal. La prova dels pesos que alçava el corrent d'aigua la realitzàrem el G. ADRIA i jo, alternativament i isoladament un de l'altre, i comprovàvem després, entre ells i respecte el caudal pasat realment, els resultats obtinguts. La variació del caudal es va fer sempre en sentit d'augment per evitar els efectes remanents perturbadors. El treball sobre fil com en els experiments de l'Institut de Tarragona i la vergella de color violeta. Tant el G. ADRIA com jo operàvem en condicions absolutament idèntiques, àdhuc en els menors detalls, amb la mateixa

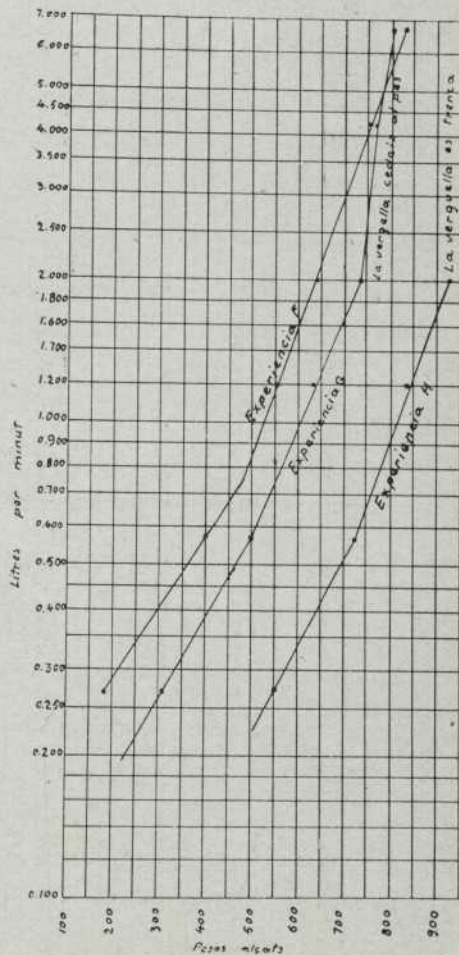


Fig. 9

independentment; l'altre, la relació matemàtica dels resultats obtinguts amb els caudals que passaven. La Taula III detalla els valors trobats.

DISCUSSIÓ DELS EXPERIMENTS DE CALDETES

Les figures 10 i 11 mostren les gràfiques corresponents als experiments 1 i 2 pel què és referèix als pesos de sorra.

Lhurs equacions aproximades són:

1.ª experiència:
$$y = \frac{x^{2.10}}{24.13}$$

$$2.^{\text{a}} \text{ experiència: } y = \frac{x^{2.10}}{36.38}$$

y =litres per minut; x =grams alçats.

Les quals mostren que, pràcticament, dites corbes venen a ésser paràboles.

La situació dels punts de l'experiència I, feta en part durant la tempesta, sobre el paper mil·limètric, és a dir en coordenades cartesianes, sembla, a primera

vista, no indicar cap relació matemàtica; és digne d'esmentar, però, el fet que el germà ADRIA i jo obtinguéssim xifres absolutament concordants en les quatre primeres medicions, la primera de les quals fou feta amb un caudal força important. Les observacions en sèrie començaren un cop passat l'efecte remanent de la primera observació. Arribats ací, la tempesta s'ha anat acostant i les observacions deixen d'ésser concordants per mostrar notabilíssimes divergències, que semblen no obeir cap llei, i que després i

TAULA III

Ob ser va ció	Data	Estat del temps	Caudal en lts. per m.	Pesos				+ alçats		- no alçats					
				SORRA				LLAUTÓ		ARGENT					
				G. Adrià		Darder		G. Adrià	Darder	G. Adrià		Darder			
Experiment primer	1. ^a	14-6-25 matí	Cel serè amb cu- mulus a l'horitzó d'aspec- te tem- pestuós.	448	+83	-86	+83	-86	?	?	+18	-23	+19	-23	
	2. ^a			8	+6	-7	+6	-7	?	?	+1	-2.5	+1	-2.5	
	3. ^a			18	+18	-19	+18	-19	?	?	+2.5	-3.5	+2.5	-3.5	
	4. ^a			56	+28	-30	+28	-30	?	?	+3.5	-5	+3.5	-5	
	5. ^a	(a)	756 mm. Pressió ab mos.	(b) 180	+82	-83	+36	-38	-5	-5	+5	-7	+5	-7	
	6. ^a	tarda		276	+40	-62	+61	-62	?	+10-15	+10	-11.5	+12.5	-13.5	
	7. ^a			(c)	440	+65		+85		?	?	+23	-25	+19	-20
	8. ^a			(d)	690	+95	-96	+82	-92	+25-20	?				?
Experiment segon	1. ^a	15-6-25 matí	B o n temps; baròme- tre a 750 çò és 3 mm més que la mínima del dia anterior.	2'70	+4	-5	+4	-5			-1'25		-1'25		
	2. ^a			8	+14	-15	+9	-10			+1'25		-1'25		
	3. ^a			16'500	+21	-22	+25	-26			+2'5	-3'5	+1'15	-2'5	
	4. ^a			46	+36	-37	+34	-35			+3'5	-4	+2'5	-3'5	
	5. ^a			90	+49	-50	+49	-50			+6'25	-7'25	+6'25	-7'5	
	6. ^a			154 ^(c)	+60	-61	+75	-76			+12'5	-13'5	+10	-11'5	
	7. ^a			222	+70	-71	+71	-72			+19	-20	+16'5	-17'5	
	8. ^a			340	+89	-90	+84	-85			+22'5	-23'25	+22'5	-23'25	
	9. ^a			600	+112	-113	+111	-112			+27	-28'25	+25	-27'5	
	10. ^a			730	+126	-128	+125	-126				?			?

a) El cel ha anat tapant-se, es sent tronar i el baròmetre ha baixat un mil·límetre.

(b) Atesa la diferència entre els dos observadors, l'assaig és repetit tres vegades i sempre amb el mateix resultat anotat.

(c) En aquest moment les perturbacions són fortíssimes i la fixació dels pesos alçats presenta greus dificultats, puix que una mateixa prova dona a un operador 200 gr mentre que a l'altre no arriba als 78. Les xifres indicades ho són, doncs, amb tota la reserva. La tempesta ja fa una estona que ha passat i el cel torna a estar serè.

(d) El temps s'ha asserenat del tot; però el baròmetre ha baixat un mm més.

(e) Estranyats de la diferència preguntem als que curen de regular i mesurar el corrent. Responen que de primer moment han obert bastant l'aixeta i tement haver donat massa aigua tot d'un cop l'han tancada una mica. Així, en efectuar jo la medicció en primer terme amb pesos d'arena, hauria obtingut la xifra més alta per seqüència de l'efecte remanent, el qual havia desaparegut en el moment de l'observació del G. ADRIA. En contra d'això tenim que els pesos semblen indicar el contrari, si bé, respecte a aquests no fou anotat l'ordre amb el qual s'efectuà la medicció. Repetida la prova ens dona +60 i -61; no podem, però, donar-li una importància definitiva, puix que coneixia la xifra que m'havia de donar.

de mica en mica van atenuant-se fins arribar a la VII observació, la qual per a un caudal gairebé igual a la primera dóna resultats molt acostats. Aquesta concordància, tot i ésser un cas isolat que pot ésser casual no deixa de cridar l'atenció.

Aquestes raons semblen aconsellar-nos, sota tota mena de reserves, de prescindir de les dades obtingudes durant les observacions de la tarda i de relacionar sobre el paper logarítmic les corresponents al matí, el què dóna una corba que no té altre interès que les relacions que presenta amb la de l'experiment del dia següent.

L'experiment segon, fet amb bon temps, mostra una coincidència notable entre les observacions meves i les del G. ADRIA, la concordància de les quals és més manifesta, al contrari del dia anterior, al final de l'experiència que no pas al principi, la qual cosa fa suposar que a primeres hores del matí persistien encara algunes perturbacions atmosfèriques que varen atenuar-se més tard. Posats els punts del G. ADRIA i els meus sobre el paper mil·limètric donen una corba que traslladada al paper logarítmic doble mostra que tots ells, salvades algunes excepcions, estan situats en línia recta.

L'examen d'aquestes dues corbes posa de manifest l'existència d'un paral·lisme que és molt inversemblant que sigui fill de l'atzar; és més: en una i altra hom nota que el punt referent al caudal mínim s'aparta de la corba potencial, en el sentit d'assenyalar un caudal inferior al que es determina per l'equació corresponent; ara bé: aquesta divergència és quasi paral·lela en les dues gràfiques, i aquest fet, certament, no cap pas d'explicar-lo pel sol factor casualitat.

Un punt importantíssim a discutir és el següent: els punts que el G. ADRIA i jo hem obtingut en el segon experiment indiquen realment una corba potencial (línia recta en paper logarítmic doble), o bé les divergències que presenten són tals que basten perquè siguin considerades artificioses les corbes resultants? Per resoldre això compararem, per a cada observació, la xifra teòrica que es desprèn de la corba sobre paper logarítmic i la que hem obtingut pràcticament.

Observació	Xifra del germà Adria	Xifra meua	Xifra teòrica	Error germà Adria	Error meu
	Grams	Grams	Grams		
1. ^a	3	4	9	-5	-5
2. ^a	14	9	14'9	-0'9	-5'9
3. ^a	21	25	21	0'0	4
4. ^a	36	34	34	2	0'0
5. ^a	49	49	47	2	2
6. ^a	60	60	60	0'0	0'0
7. ^a	70	71	70'5	-0'5	0'5
8. ^a	89	84	89	0'0	-5
9. ^a	112	111	115'5	3'5	4'5
10. ^a	126	125	125'5	0'5	-0'5

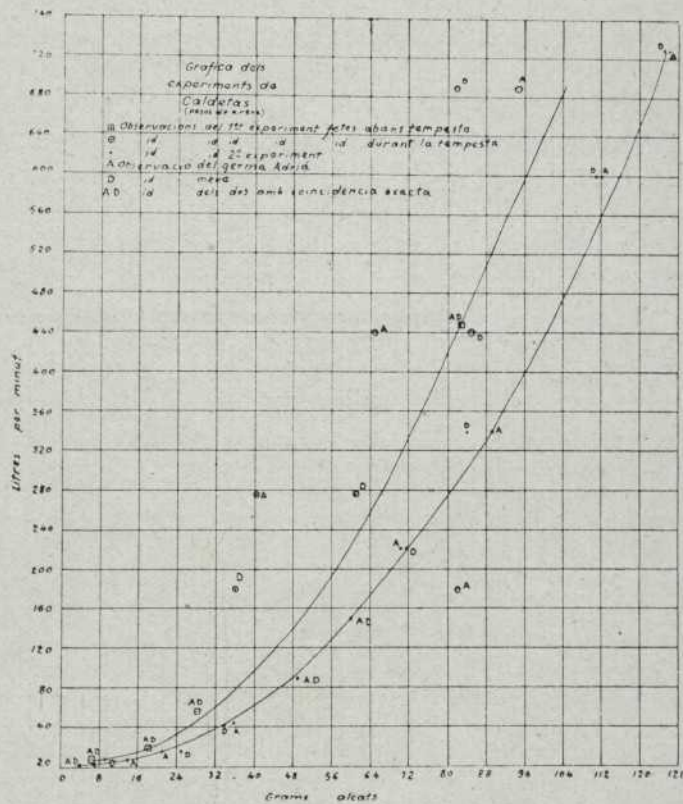


Fig. 10

Resumint les dades de totes aquestes observacions tenim:

Xifres trobades exactes	5
Error inferior a un gram (pràcticament també exactes)	5
Error de 1 a 2 grams	3
Error de 2 a 5 grams	3
Error de 5 a 6 grams	4
Error superior a 6 grams	cap

La disminució dels pesos alçats notada en els caudals petits (que sembla no ésser filla d'un error, donat el paral·lisme en una i altra gràfica), fa que

de quatre errors superiors a cinc grams hom pugui descomptar-ne dos. Resulten d'aquí 12 observacions pràcticament exactes, per 6 errors petits i 2 errors més importants.

La comparació dels salts teòrics en els pesos al-

çats ens permetrà d'analitzar la possibilitat de la intervenció del factor casualitat. En efecte, tenim:

Obs.	1'	2'	3'	4'	5'	
Gr.	5,9	6,1	13	13		
Obs.	5'	6'	7'	8'	9.*	10.*
Gr.	13	10	18,5	27	10	

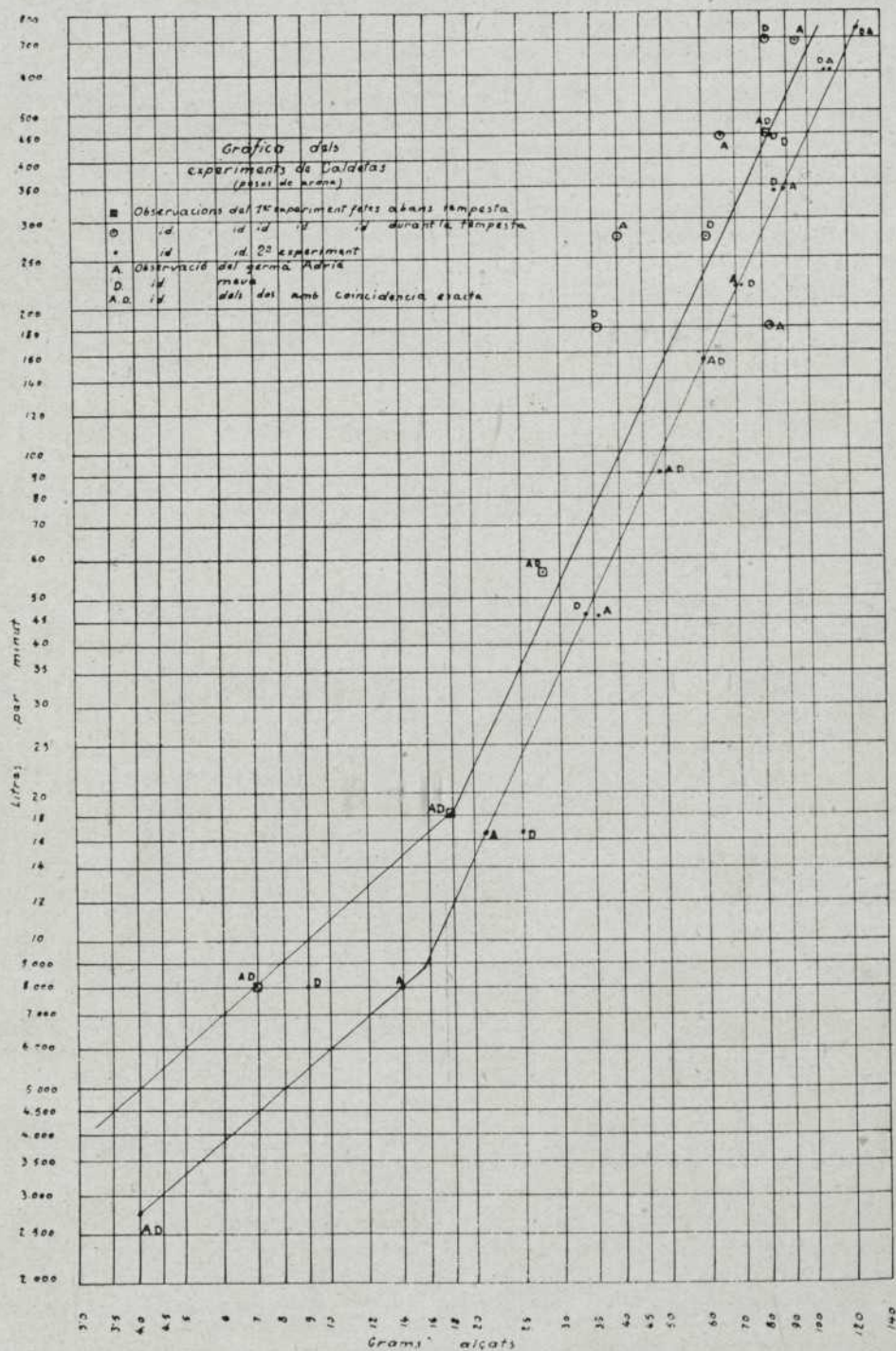


Fig. 11

Ara bé: si sabent que 21 gr corresponen a 16'5 li. hom vol indicar a l'atzar un altre valor més elevat que correspongui a un caudal la situació del qual coincideixi, respecte al primer, sobre una corba potencial, trobarem que tot i limitant-nos entre 5 números superiors com a mínim i 25 com a màxim, les probabilitats d'encert seran solament de 1:20; i si passem als valors superiors veurem com l'encertar tots els altres punts situa les probabilitats d'encert en una proporció aproximada de un per uns quants mils de milions. Cal considerar, doncs, que el sol fet de precisar 12 dels cinc casos i no tenir més que dos errors superiors a cinc grams, permet d'eliminar la casualitat com a causa dels resultats obtinguts. I aquestes tan petites probabilitats són, encara, susceptibles de ésser més considerablement disminuïdes, si en lloc de saber que els caudals anaven augmentant progressivament hom actués sobre caudals irregulars, adés majors, adés menors, procurant de deixar passar entre una observació i l'altra el temps suficient a evitar la influència pertorbadora de les accions remanents. Hem de remarcar ací que aquest és precisament el cas per la concordància entre les xifres de +83 i -86 per 448 litres-minut obtingudes en la primera observació de l'experiència 1.^a i la xifra de 85 gr per a un caudal de 440 litres obtinguda moltes hores després a l'observació 7.^a de la mateixa experiència.

La influència pertorbadora de la tempesta sembla ésser ben manifesta; efectivament: la comparació dels resultats ens permet d'establir la següent taula:

Observació	Xifra del germà Adrià	Xifra meya	Xifra teòrica	Error germà Adrià	Error meu
Treball del matí, abans de la tempesta					
1. ^a	83 gr	83 gr	83	0'0	0'0
2. ^a	6	6	12	-6	-6
3. ^a	18	18	18	0'0	0'0
4. ^a	28	28	30'5	-2'5	-2'5
Durant la tempesta					
5. ^a	82	36	54	-28	-18
6. ^a	40	61	65'5	-25'5	-4'5
7. ^a	65	85	82'5	-17'5	-2'5
Després de la tempesta					
8. ^a	95	82	102	-7	-20

Les reflexions fetes a propòsit del primer experiment podem aplicar-les ací; sembla, doncs, que queda ben manifesta la pertorbació que origina la tempesta. Per altra banda, insistim novament en lo difícil que és que la casualitat doni també en aquest cas xifres que menen a una corba paral·lela a la de l'experiment II.

RESULTATS AMB ELS PESOS D'ARGENT

Els experiments amb pesos d'argent es presten molt poc a obtenir gràfiques, puix que, per a grans caudals d'aigua, els pesos aixecats són molt petits; aiximateix, la diferència que sobre aquests pesos determina una forta modificació del caudal és molt poc important, d'ací que sigui molt difícil de precisar el límit del pes que alça, la qual cosa constitueix un seriós entorpiment, puix que una diferència d'un gram altera sensiblement els resultats.

Ací és de remarcar la coincidència dels pesos aixecats durant el matí del primer experiment pel G. ADRIÀ i per mi, així com la semblança entre els corresponents al caudal de 460 litres per minut, de l'observació 1.^a i 7.^a. En efecte, tenim:

Observació	Xifra G. Adrià	Xifra meya	Diferència
1. ^a	+18 -23	+19 -23	1
2. ^a	+1 -2'5	+1 -2'5	0'0
3. ^a	+2'5 -3'5	+2'5 -3'5	0'0
4. ^a	+3'5 -5	+3'5 -5	0'0
Treball de la tarda amb tempesta			
5. ^a	+5 -7	+5 -7	0'0
6. ^a	+10 -11'5	+12'5 -13'5	2'5
7. ^a	+23 -25	+19 -20	4

Sigui el que sigui, entre els quatre tipus de paper, aquell sobre el qual situem els punts, caldria tota la bona voluntat del món per veure una relació matemàtica entre els pesos indicats i els caudals corresponents; però, en canvi, resta ferma la coincidència dels pesos alçats. Això s'explicaria dient que les pertorbacions que modificaven irregularment la relació amb els caudals, afectaven gairebé en el mateix grau l'un i l'altre. Igual resultat obtenim dels valors de l'experiment segon, puix que també ofereixen la particularitat d'ésser concordants i de no permetre derivar-ne cap llei matemàtica. Heus-los ací:

Observació	Xifra G. Adrià	Xifra meya	Diferència en grs.
1. ^a	-1'25	-1'25	0'0
2. ^a	-1'25	-1'25	1
3. ^a	+2'5 -3'5	+1'25 -2'5	2'25
4. ^a	+3'5 -4	+2'5 -3'5	1
5. ^a	+6'25 -7'5	+6'25 -7'5	0'0
6. ^a	+12'5 -13'5	+10 -11'5	2'5
7. ^a	+10 -20	+16'5 -17'5	2'5
8. ^a	+22'5 -23'25	+22'5 -23'25	0'0
9. ^a	+27 -28'25	+25 -27'5	2

Si sobre el paper logarítmic doble construïm la gràfica amb els promitjos d'aquestes xifres, obtenim

una línia pràcticament recta determinada per les observacions 4, 5, 6 i 7. D'aquesta recta discrepen: les observacions 1 i 2 en menys de 1 gr, la qual cosa permet de considerar-les com a exactes; la 3 en 1'5, discrepància ínfima donada la sensibilitat de la ver-

Tenint en compte que l'exponent de x és, pràcticament, igual a 1, podem simplificar l'equació i presentar-la, en aproximació, sota la forma de

$$y=0'85x$$

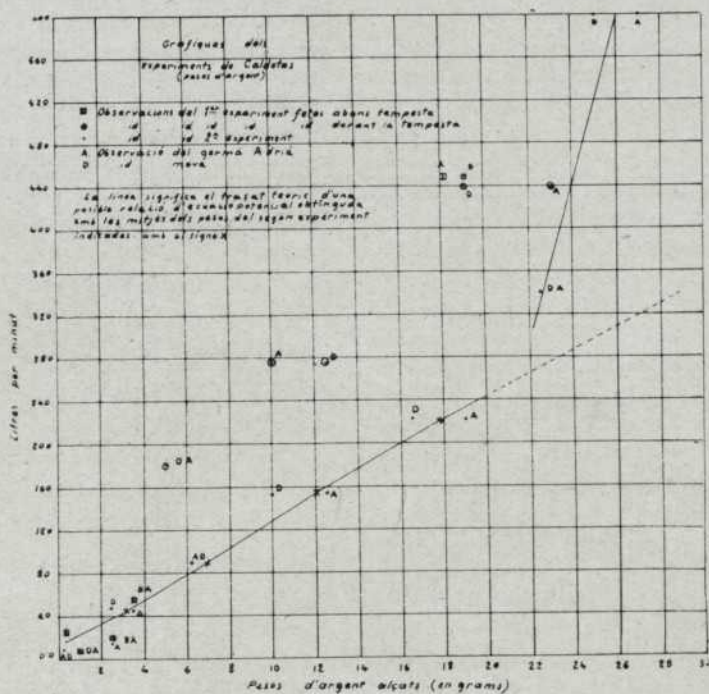


Fig. 12

gella; en canvi, les observacions 8 i 9 discrepen extraordinàriament, la primera en -6 gr i la segona -24. Aquesta gràfica, dóna també sobre el paper mil·limètric una recta, cosa que s'explica fàcilment si considerem que la seva equació aproximada és:

$$y = \frac{x^{0.998}}{1'166}$$

equació que respon a una recta sobre el paper mil·limètric, com mostra la fig. 12.

B. DARDER PERICAS

Març de 1926.
 Tarragona.

(Acabarà)