

ASSAIG  
SOBRE L'ART DE NAVEGAR  
PER DESSOTA L'AIGUA

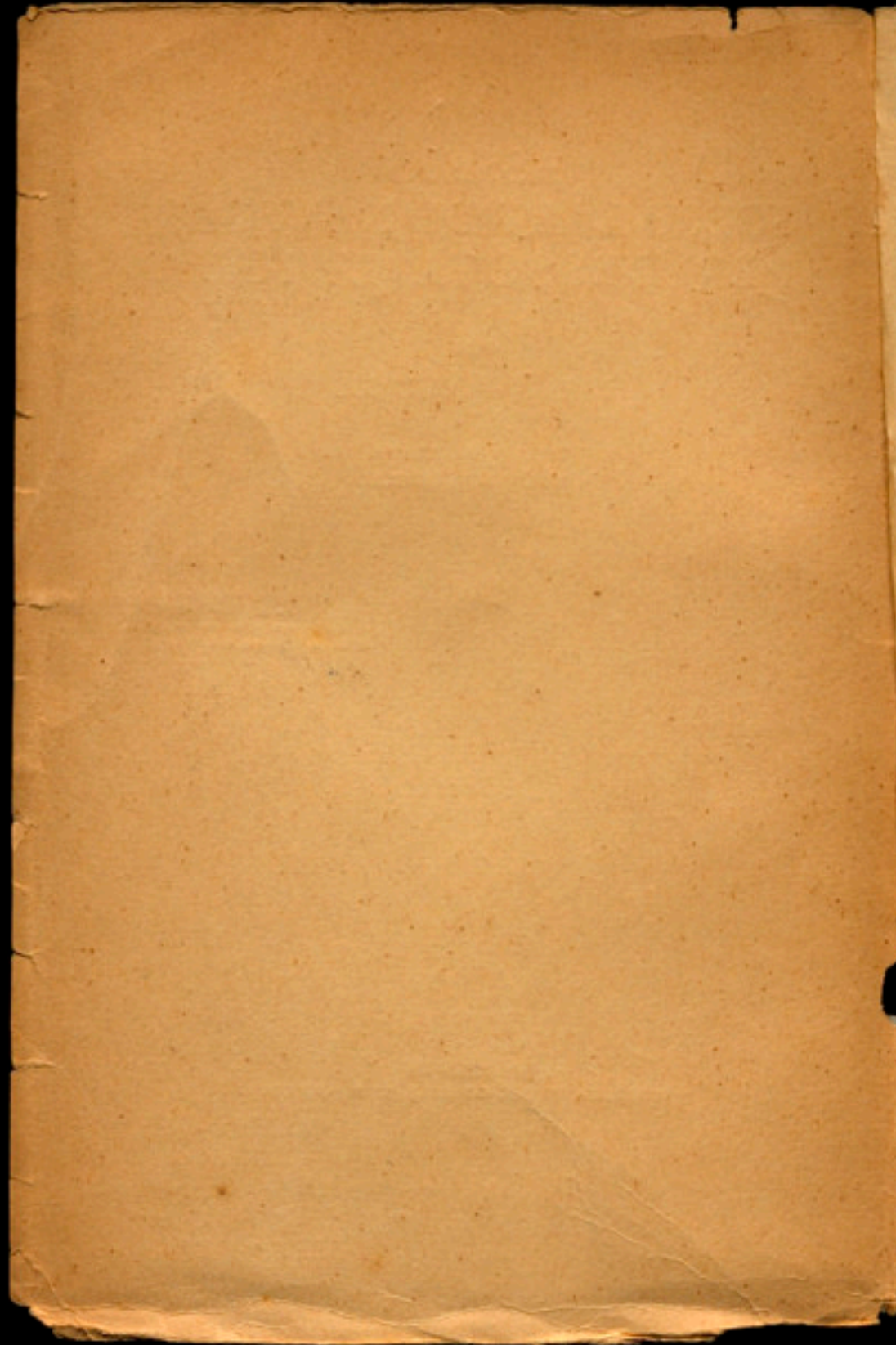
PER  
NARCÍS MONTURIOL

VERSIÓ CATALANA  
DE CARLES RAHOLA

(Publicat per acord del Consell  
Permanent de la Mancomunitat  
de Catalunya pres en sessió  
de 28 de desembre de 1918.)

BARCELONA  
PUBLICACIONS DEL CONSELL DE PEDAGOGIA  
1919

C  
1  
358



C. 1. 358

ASSAIG  
SOBRE L'ART DE NAVEGAR  
PER DESSOTA L'AIGUA

PER

NARCÍS MONTURIOL

VERSIÓ CATALANA  
DE CARLES RAHOLA



R. 7.677

BARCELONA

DIPÒSIT GENERAL: RICARD DURAN, BOQUERIA, 20

1919

# INDEX

	<u>Pages</u>
Pròleg .....	v
<b>PRIMERA PART</b>	
<i>Exposició general dels fets referents a la navegació submarina i a l'Ictíneo</i>	
I. INTRODUCCIÓ:	
Naus submarines .....	1
L'Ictíneo .....	5
II. IMPORTÀNCIA DE LA NAVEGACIÓ SUBMARINA:	
Importància en la guerra marítima .....	17
Importància industrial .....	23
Aplicacions científiques .....	26
III. IDEA GENERAL DE L'ICTÍNEO .....	35
IV. DE L'AIRE I LA RESPIRACIÓ .....	40
Respiració animal .....	43
Respiració en cambres tancades .....	48
V. MOTOR SUBMARÍ .....	59
Exemples d'oxidació .....	68
<b>SEGONA PART</b>	
<i>Detalls referents a la navegació submarina i a l'Ictíneo</i>	
I. LA MAR:	
Profunditat de l'Oceà .....	74
Salabror i pes específic de l'aigua de la mar .....	74
Color .....	76
Transparència de la mar .....	76
Fosforescència .....	77

## Planes

Temperatura .....	77
La vida en la mar .....	79
El fons de la mar .....	81
Marees .....	82
Corrents i deriva de la mar .....	83
Ones .....	85
Corrents promoguts pels vents .....	90
Huracans .....	93
Lleis d'hidrostàtica referents als ictinis .....	99
<b>II. DESCRIPCIÓ I DADES REFERENTS A L'ICTINEC:</b>	
Índex dels ictinis .....	103
Relacions entre el motor i la profunditat .....	104
Resistència .....	105
Potència .....	105
Resistència dels ictinis a la pressió .....	107
Resistència dels cilindres arquejats .....	110
Visió i il·luminació exteriors .....	112
Ventilació i purificació de l'atmosfera .....	114
Generador d'oxigen .....	114
Orguens de locomoció i virada .....	115
Veixigues natatòries o de pressió .....	117
Llastos esfèrics i llastos d'exhauriment .....	119
Llast d'equilibri .....	120
Orguens de presa .....	121
Màquina de vapor .....	121
Corredora dels ictinis .....	126
Personal d'un ictini .....	127
Operacions en les proves submarines .....	128
<b>III. COMPLEMENTS AL CAPÍTOL «RESPIRACIÓ»:</b>	
Respiració de les plantes .....	132
Respiració humana .....	135
Experiments de Regnault i Reiset .....	136
Mamífers i ocells .....	137
Mamífers hivernants .....	139
Animals de sang freda .....	139
Gasos deleteris .....	140
Producció d'oxigen .....	143
Producció d'oxigen en l'ictini .....	145
<b>IV. MANIPULACIONS:</b>	
Peròxid de manganès .....	149
Zinc .....	149
Mescla .....	150
Cilindres de mescla .....	152
Cap d'ignició .....	153

	<u>Planes</u>
Diafragma .....	155
Combustió del ferro .....	156
Producció de gasos per a les veixigues natatòries .....	159
V. APLICACIÓ DE L'ICTINI A LA GUERRA:	
Atac .....	162
Defensa .....	168
Canons .....	169
Torpills .....	173
Combat .....	182

### TERCERA PART

#### *Descripció ordenada de l'Ictíneo i dels seus principals mecanismes*

Casc i cambra resistent .....	185
Els mecanismes natatoris .....	187
L'atmosfera ictinea .....	190
El motor .....	191
Visió exterior i il·luminació .....	194
Detalls d'alguns òrgans especials .....	194
Canó i torpill .....	198

## PRÒLEG

*En Narcís Monturiol va néixer a la ciutat de Figueras, al cor de l'Empordà, el 29 de setembre de 1819. Va estudiar llatí amb el rector de Santa Maria de Vilabertran i la carrera de dret a les universitats de Cervera, Barcelona i Madrid; però, mancat d'afició, no la va pas exercir. Va dedicar-se als estudis sociològics, publicant, l'any 1844, Un reo de muerte, Las ejecuciones y los espectadores y Consejos de un padre a un hijo. Va figurar en el partit republicà i fou a Catalunya un propagandista de la Icària de Cabet. Quan els esdeveniments del 1848, va tenir d'emigrar a França per les seves idees polítiques.*

*Fou En Monturiol un conreador de les ciències físiques i naturals, i trobant-se a Cadaqués va fer les seves primeres observacions sobre les dificultats de la pesca del coral i la utilitat de la navegació submarina. Amb alguns amics entusiastes com ell va poder reunir cent mil pessetes, amb les que es va construir a la Barceloneta el primer Ictineo, botat en 1859, i el dia 23 de juliol del mateix any es varen fer les primeres proves davant les autoritats de Barcelona i nombrós públic, amb resultat satisfactori. Pel setembre del 1860, essent els reis a Barcelona, va repetir els assaigs davant el general O'Donnell, que era president del Consell de Ministres, i altres personalges. El 7 de març de 1861 es varen realitzar noves proves en el port d'Alacant, presenciant-les, entre altres personalitats, els ministres de Marina i de Foment i una comissió tècnica expressament nomenada pel Govern. L'opinió es*

va interessar per l'invent d'En Monturiol i totseguit es va constituir a Barcelona una junta, que va ésser secundada amb entusiasme per tot Espanya, obrint-se una subscripció pública per ajudar-lo. Per aquells mateixos dies es va publicar una Reial ordre oferint a l'inventor els operaris i materials que fossin necessaris per a construir un altre Ictíneo de 1,200 tones. Però el Govern no va pas fer honor a la seva paraula, i abandonà a En Monturiol, qui perxò no es va pas desanimar, com ho palesen els innumbrables articles i memòries que aleshores va donar a llum, explicant el seu invent i els beneficis que Espanya en treuria.

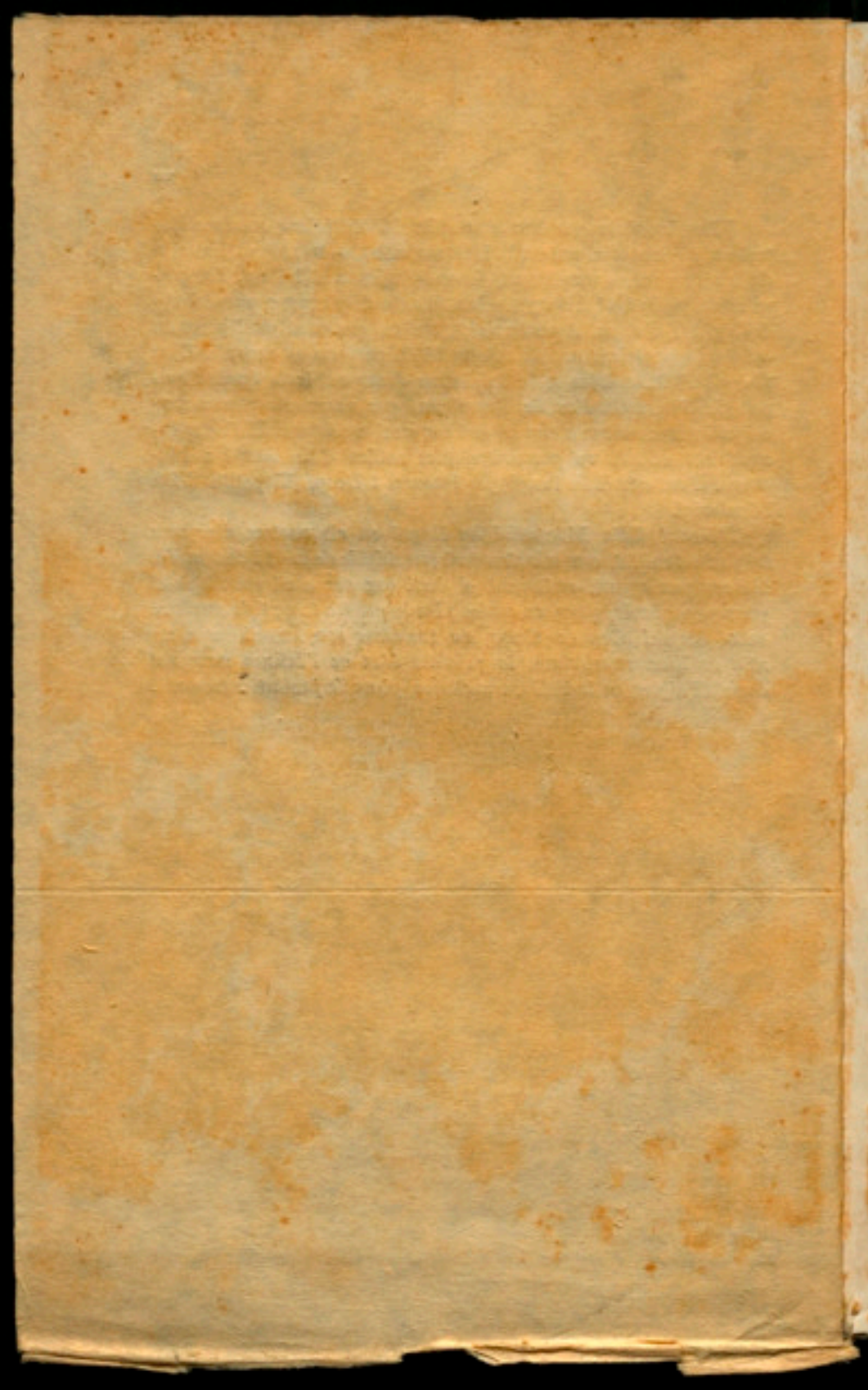
L'any 1864 es va fundar la societat «Monturiol, Font, Alladill i Companyia», que va disposar d'un capital de 1.795,000 pesetes per a la construcció d'un Ictíneo de grans proporcions, el qual va quedar acabat l'any 1866. Però, malgrat l'èxit de les proves, el Govern espanyol va continuar fent el buid a En Monturiol i l'opinió es va anar desinteressant: sols restaren alguns devots. L'inventor va conèixer totes les penalitats i desenganyis; però la fe no l'abandonava, i continuà defensant l'Ictíneo, que constituïa per ell, com és natural, una veritable obsessió.

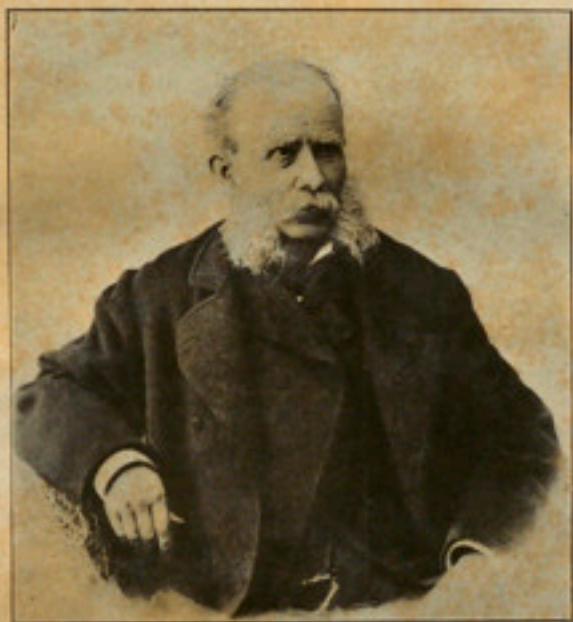
Va morir En Monturiol en la més gran misèria, a Sant Martí de Provensals, el 6 de setembre de 1885, el mateix dia que Nordenfjell realitzava l'assaig de Lanskon, cèlebre en la història de la navegació submarina, per haver pres el submarí carta de naturalesa en la marina de guerra. El seu invent, en el que ell havia posat tots els seus amors i totes les seves esperances, fou venut com a ferro vell. Però han vingut dies de glòria per a En Monturiol. La seva obra ha sigut sàbiament comentada i hom ha tributat fervoroses lloances a la seva memòria. La ciutat de Figueras li ha dedicat un bell monument, degut a l'Enric Casanovas. Mants treballs s'han publicat, entre els que esmentarem Narciso Monturiol y la navegación submarina, estudis crítics de diferents autors, recopilats pel Dr. Geroni Estrany (Barcelona, 1915) i Vida d'heroi, d'En J. Puig Pujadas, amb un prefaci de l'Ignasi Iglesias (Barcelona, 1918).

*Ultra les obres que hem citat, En Monturiol va escriure Estudios de historia natural, Del mecanismo terrestre, Estudio de las corrientes maritimas, Descubrimiento del Polo, La gravitacion universal, Ensayo sobre el arte de navegar por debajo del agua i d'altres. Aquesta darrera obra, que avui publiquem en català, la va deixar acabada l'any 1869, però no va veure la llum fins al 1891, gràcies a la iniciativa d'uns empleats de la Companyia Transatlàntica de Barcelona, que varen obrir una subscripció per a portar a cap aquest homenatge pòstum. El llibre, luxosament editat, va precedir d'unes ratlles d'En Mañé i Flaquer i d'un estudi de l'enginyer Pascual i Deop, fill polític d'En Monturiol.*

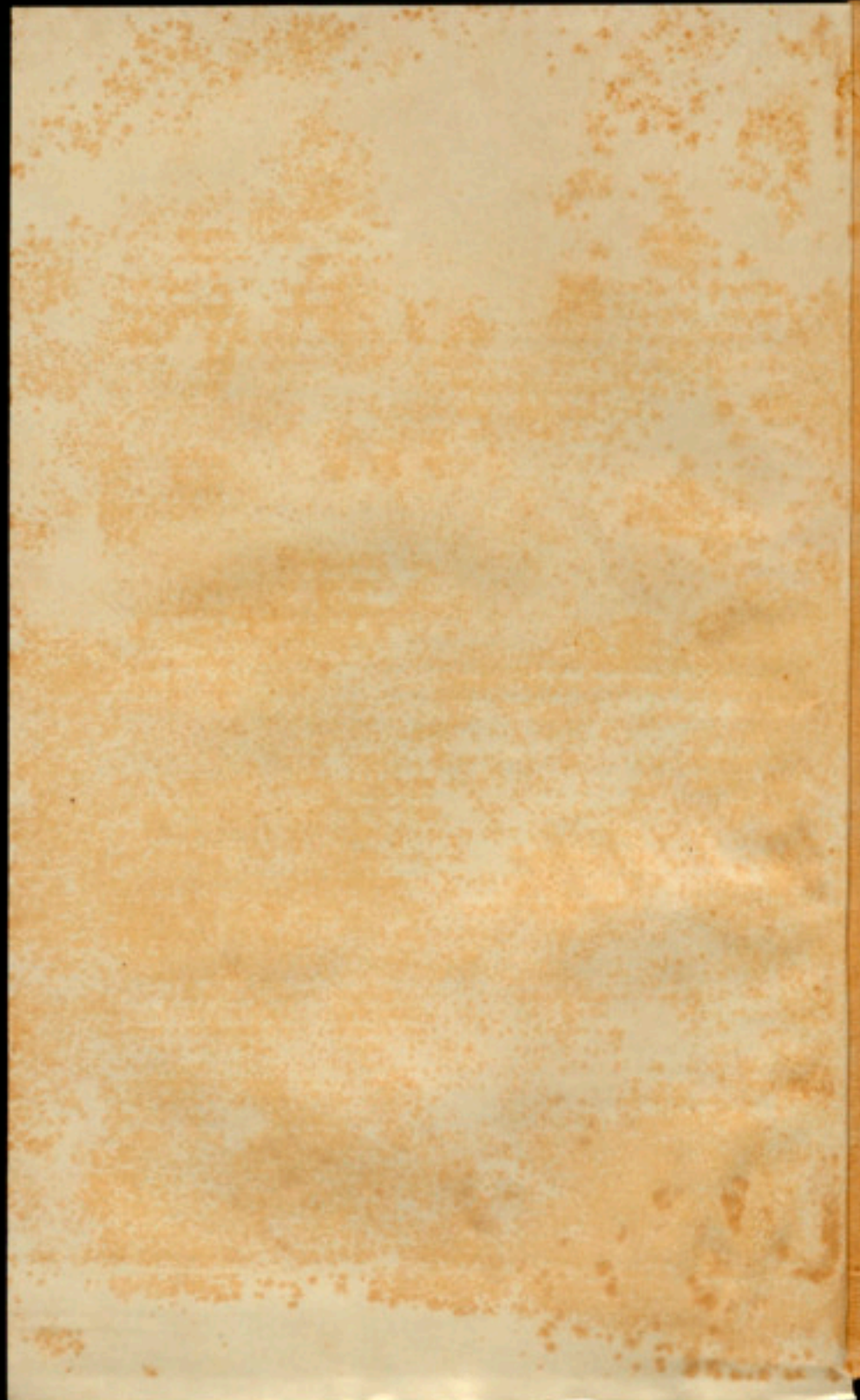
*L'invent d'En Monturiol ha tingut en els nostres dies una tràgica actualitat, com a instrument formidable de mort i destrucció. No era pas aquest, certament, el destí que per a ell somniava el gran empordanès, quan, en contemplar la penosa tasca dels coralers, en aigües del Cap de Creus, va travessar son cervell, com un raig de llum suavíssima, la primera idea de l'Ictineo navegant dessota l'aigua, en indrets meravellosos, plens de fantàstics tresors...*

R.





*A. Monturio*



# ASSAIG SOBRE L'ART DE NAVEGAR PER DESSOTA L'AIGUA

---

## I

### INTRODUCCIÓ

*Naus submarines.* — De primer antuvi hauria de referir les temptatives que l'home ha fet per a navegar per dessota de l'aigua; però no han arribat fins a mi nocions precises, exactes, dels diferents aparells que alguns inventors intrèpids han llençat a la mar, per tal d'aplicar-los a la guerra marítima. No obstant, les poques notícies que tinc les faré precedir de les que, sobre l'art de bussejar, la Comissió nomenada per la Secció de Ciències exactes, físiques i naturals de l'Ateneu de Barcelona va emetre l'any 1866 en el seu dictamen sobre l'Ictineo.

La campana del bus és coneguda des de l'antiguitat: la primera descripció que trobem és a l'*Opera problemata*, d'Aristòtil, de la qual diu: «Els bussos es proveeixen d'aire fent baixar amb ells un vas de metall cap per avall.»

Més tard veiem aparèixer vàries modificacions en la campana i nous aparells deguts a Marsenne, Fulton, Guyton-Morveau, Montgéry, Johnson, Bauer, Williamson, Payenne, Sieves, Philips, Vizcarondo i d'altres. Cadascun posa una pedra en l'edifici submari: l'un dota la campana d'estabilitat; l'altre li associa campanes petites, l'aire de les quals es buida en la campana més grossa; aquell el corona amb una cúpula d'aire comprimit; aquest l'enriqueix amb aparells

neumàtics i tubs conductors d'aire; i mentre que d'altres col·loquen en sos costats dipòsits d'aire comprimit, el P. Marsenne i més tard Fulton i Johnson li donen moviments propis i pretenen utilitzar-la com a màquina de guerra; projectes que, en els nostres dies, han estat proposats sense cap èxit per Montgéry, l'admirador i biògraf de Fulton. Deis d'aquest segle, solament Guyton-Morveau, de l'Institut de França, i Vizcarrondo, il·lustrat brigadier de la nostra Armada, pretenen dotar-la d'oxigen comprimit.

«Tots aquests inventors es proposen, no la navegació submarina en tota l'extensió de la paraula, sinó que, descansant llurs aparells sobre el principi que la pressió interior sigui igual a l'exterior, el més a què han pogut aspirar ha estat destruir vaixells enemics; però la naturalesa de llurs aparells els hauria obligat — cas de posar-ho en pràctica — a no separar-se dels fons de poca sonda, i no haurien pogut intentar res contra vaixells ancorats a quaranta metres de profunditat, recelosos els tripulants d'atènyer el fons, on la pressió els hauria afofat. El destí de la campana de bussejar és el treball en les rades, en els ports i en els rius; la resta pertany a ço que pròpiament anomenem *navegació submarina*, als icetins exploradors. Veu'saquí com l'Ictíneo comença precisament on la campana acaba.»

No he pogut tenir a mà les *Transaccions filosòfiques* de la Societat Americana de Filadèlfia, en el tom IV de les quals es donen detalls sobre el vaixell submari de Bushnell, ni les notícies que sobre Fulton va publicar Colden a Nova York l'any 1817, ni la traducció que dels *torpills* del mateix Fulton va fer el nostre Núñez de Taboada a París, el 1812, per a donar una idea del *Nautilus*. No tinc a la meua disposició més que unes lleugeres notes sobre els treballs de Fulton, que va publicar en una obra sobre els coets a la *congrèu* el capità de fragata de l'Armada francesa M. Montgéry, a París, el 1825 (1).

(1) Montgéry, demés del *Traité de fusées de guerre (précédé d'une notice sur la vie de Fulton)*, ha publicat articles històrics sobre les màquines on el foc és empleat d'una fàsis o altra: F. Arago els elogia i n'extreu alguna notícia en el seu opuscle sobre les màquines de vapor. Montgéry és un erudit en qui es pot tenir confiança, i per merèixer Fulton la de Montgéry en navegació submarina, no he dubtat a reconèixer Fulton, com iniciador en un art superior als homes del seu temps. A propòsit de Fulton podríem dir ço que diu Arago amb ocasió del cilindre de la màquina de vapor inventat per Papin: *L'homme de génie est toujours méconnu quand il devance trop son siècle dans quelque genre que ce soit.*

D'aquestes notes es dedueix que el *Nautilo* fou assajat a Roana, Abra de Gràcia, a París i a Brest. Sembla que les codernes eren de ferro i les cintes de coure; que la seva forma era la d'un ovoide bastant perllongat i de sis peus de diàmetre, que es movia per rema helicoidals; que omplia un dipòsit d'aigua per a la submersió, expel·lint l'aigua per mitjà d'una bomba per a posar-se a flotació; que en un globus de coure d'un peu de diàmetre portava aire comprimit a 200 atmosferes; que el cèlebre Guyton-Morveau, de l'Institut de França, va remetre una memòria a Fulton sobre els mitjans de perllongar la respiració dels homes i la combustió de la llum a bord dels vaixells submarins, a favor de l'aire vital (oxigen) i de l'absorció de l'àcid carbònic. Quan Bonaparte va ésser nomenat primer Cònsol, una comissió composta per Volney, Monge i Laplace va emetre un dictamen aprovatori del projecte de Fulton. No obstant, Napoleon no va fer cap cas d'aquest projecte i àdhuc va gosar dir que Fulton era un xerraire i un estafador. Més tard va passar aquest a Anglaterra, sollicitat pel Govern d'aquella illa, on no va pas tenir millor acollida, car, malgrat el favor que va merèixer de Pitt, un altre ministre — el comte de San Vicente — va dir al mateix Fulton que *Pitt era un neci de fomentar un gènere de guerra inútil als que eren els senyors de la mar, i que adoptant-lo devia privar-los de llur superioritat.*

Bauer, alemany, va intentar iniciar aquest difícil art i construí una nau amb la qual es va submergir moltes vegades en les aigües del Bàltic; després va passar a Anglaterra, on, malgrat les seves relacions amb l'il·lustre Brunel, autor del túnel que passa per dessota el Tàmesi i del Leviatan, no va poder fer acceptar el projecte de navegar per dessota l'aigua; i per fi va estar al servei de Rússia, d'on va sortir fugint sens dubte de les males arts d'un ministre de Marina que va procurar també a Espanya, per mediació de l'embaixador rus a Madrid i del Cònsol general de Cádiz, saber, contra la meua voluntat, de quins mitjans es valia l'Ictíneo per a navegar per dessota l'aigua. Abandonant Rússia, Bauer va tornar a la seva pàtria, on va iniciar-se una subscripció nacional per a cobrir l'import de la construcció d'un vaixell submari de guerra; la qual he de suposar que no va tenir l'èxit que s'esperava, car la nau de Bauer no s'endinsa pas per les sines de la mar demostrant la utilitat de les seves aplicacions.

Payerne, a França, autor de la ben calculada i perfecta campana de bussejar que ha treballat en les obres del port de Cherbourg, va presentar a l'Exposició de París el model d'una caldera per a cremar carbó a favor del nitrat de sosa i en funció d'una màquina de vapor amb destinació a la seva campana de bussejar, que potser intentava transformar en vaixell submarí i que ignoro si ha assolit les aplicacions projectades.

Posteriorment un alemany anomenat Flam, a les costes del Perú, va intentar aplicar un vaixell submarí a la destrucció de la nostra esquadra, i en la segona prova que va fer no va tornar a aparèixer a la superfície, restant en el fons de la mar el seu malaurat inventor i els tripulants que l'acompanyaven. A Mobila, durant la guerra civil dels Estats Units, va funcionar una nau submarina, que, després de varies temptatives infortunades, en què varen morir vint-i-quatre homes, va aconseguir enfonsar un vaixell de guerra del Nord i tampoc va tornar a aparèixer damunt la mar, segons refereix el *Mechanics Magazine* del 29 de juny de 1896.

Fa tres anys que a la mateixa França es va construir un vaixell submarí que devia marxar amb aire comprimit; i malgrat haver indicat greus defectes en la seva construcció una revista científica francesa, l'emperador ha assenyalat una pensió vitalícia als tripulants que varen fer les proves, i no se n'ha tornat a parlar més.

Jo no sé quina fatalitat pesa damunt la navegació submarina, que per tot arreu aconsegueix cridar un moment l'atenció per a ésser després abandonats els projectes.

Com és possible aquest abandó, no sé pas explicar-m'ho; car la pesca en general, la defensa de ports i costes i les investigacions científiques reclamen l'exercici d'aquest art. Si els governs, poc previsors, l'han desdenyat, no han estat ni justos ni savis. La defensa del territori, àdhuc en temps de pau, reclama sumes enormes per al sosteniment d'un material immens; bé podria fer-se algun petit sacrifici en favor d'un arma que, ensems que compliria aquell sagrat objecte, donaria lloc que es desenrotllés la indústria submarina, i els futurs subsidis d'aquesta a la nació no sols compensarien el primer sacrifici, sinó que podrien sostenir després les despeses dels vaixells submarins que es destinessin a la defensa del litoral marítim, a la qual podrien concórrer els mateixos ictinis industrials.

Des que Fulton va merèixer l'informe aprovatori de la Comissió de l'Acadèmia de Ciències, hem de creure que la navegació submarina podria contribuir a la defensa dels litorals, a enriquir les nacions amb els seus productes, ensems que a les ciències naturals amb el tresor de les observacions subaquàtiques; i no obstant, ¡han passat seixanta anys, i encara a França, Anglaterra, Rússia, Alemanya, Estats Units i Espanya no s'utilitzen els projectes que amb el mateix objecte han proposat moderns inventors!

Ço que el meu valgui podrà deduir-se de l'exposició succinta que vaig a fer dels fonaments d'un *Art* que, per no trobar-se encara en tot el seu desenrotllament, no mereix més que la qualificació d'*Assaig*.

*L'Ictíneo*. — Quan la realització d'un pensament ha necessitat del favor públic, el que l'ha dirigit té el deure d'historiar els fets que a la prosperitat i decadència de l'empresa es refereixin; i ha de fer-ho en totes les ocasions oportunes, per tal que en tinguin esment els que s'hi han interessat i rebin la part de satisfacció que els és deguda. Així jo, que he estat afavorit per moltes persones en el meu propòsit de realitzar la navegació submarina, he de ressenyar, en la present avinentesa, els fets més importants del meu projecte i les causes que han impedit el seu complet desenrotllament, encara que s'gui repetint alguns conceptes continguts en les deu memòries publicades en l'espai de dotze anys en què públicament em dedico a la resolució de l'important problema de navegar per dessota les aigües.

Que se'm perdoni, doncs, si en aquest primer capítol descendeixo a repeticions i a certs detalls històrics de les operacions de cadascun dels Ictíneos, perquè si alguns no tenen importància amb referència a la idea principal que em proposo en aquest *Assaig*, tenen algun interès relacionats amb la marxa de les idees en general, pels obstacles que troben sovint i dels quals la majoria dels homes no pot formar-se concepte.

Fa dotze anys que vaig presentar als meus conciutadans el pensament de l'Ictíneo. Alguns amics meus varen comprendre tota la importància i transcendència de la idea i acolliren el meu projecte, creient que podrien superar-se els greus obstacles que s'oposessin a la seva realització.

¿Quins eren els mitjans i recursos, quins els capitals propis amb què comptàvem per a una empresa que reclama milions, saviesa, valor temerari ensems que una prudència exquisida? ¿Què s'havia intentat abans en aquest terreny que ens pogués donar alguna garantia d'encert? I, per fi, ¿qui era jo per a atraure voluntats i capitals? Homes obscurs, desconeguts en els cirkols literaris, científics, industrials i financers, posseïem aleshores ço que encara posseïm: una fe viva en el progrés, una fe inquebrantable en el futur domini de la Humanitat sobre la Naturalesa.

L'Univers està subjecte a lleis a les quals no pot faltar; la intel·ligència no pot deixar d'estudiar-les, perquè té necessitat de conèixer-les; cada llei que l'home descobreix li dona poder damunt la Naturalesa; si l'home arribés a conèixer-les totes, dominaria completament l'Univers, com domina el calor, la llum, l'electricitat, el magnetisme, l'afinitat química, el moviment; la successió de coneixements que adquireix no pot acabar més que acabant la intel·ligència humana. La fe en aquests principis ha sostingut la nostra perseverança, i el desig d'estendre'ls féu que, des del començament, difondíssim per mitjà de la premsa les bases del nostre projecte, per tal que la massa indiferent d'homens comencés a veure que l'Ictineo podia dominar la Naturalesa en els espais submarins, enriquir la ciència, augmentar la riquesa comuna i fer pervenir un raig de glòria damunt la pàtria en les aplicacions a la guerra marítima.

És indispensable que l'home posseeixi aquest nou món, deia en la memòria que vaig publicar el 1858; per a això compta amb els recursos que li ofereixen les ciències físico-químico-matemàtiques, que amb llurs avenços actuals li proporcionen una atmosfera artificial tan sana com la natural, una llum semblant a la del sol, articulacions impermeables que faciliten tota mena de moviments i motors el poder dels quals és superior al del vapor.

La resolució del problema de la navegació submarina consisteix en la construcció d'un aparell que sigui capaç de descendir dins la mar, d'aturar-se on vulgui, de moure's en totes direccions, de tornar a la superfície i navegar-hi; que pugui estar indefinidament submergit sense que estigui en comunicació amb l'atmosfera.

La primera condició suposa que l'aparell està tancat hermèticament i fabricat, en part, de materials impermeables, impropis

per a la osmosi; que els seus mitjans de comunicació amb l'exterior impedeixen l'entrada de l'aigua en l'aparell; que pot resistir la pressió a què s'ha de submergir i que té estabilitat.

«L'Ictíneo que construeixo tindrà aquestes condicions: la seva forma es la del peix, i, com ell, té el propulsor en la cua, aletes per a la direcció, veixigues natatòries i last per a éstar en equilibri amb l'aigua des del moment que es submergeixi. Respecte a la seva resistència, he d'avinentar que pot sofrir una pressió constant de vuit atmosferes i, per tant, que pot descendir a cinquanta brases de profunditat.

.....

«Si el primer Ictíneo no correspon a les meves previsions, exposaré més tard les causes que ho hagin impedit, assenyalant els errors comesos i la manera d'esmenar-los.

.....

«Si la falta d'èxit consistís en el conjunt, abandonaria el meu projecte, amb l'esperança que més tard o més tost un altre, més sortós que jo, realitzarà la navegació submarina. Entusiasmat davant els resultats que pot donar, tot sacrifici em sembla poc per tal d'assegurar-la; i si m'atreveixo a cridar l'atenció pública devers aquest punt, és perquè, segur dels resultats que he obtingut en proves parcials que he verificat, voldria veure al meu costat i ocupats en aquesta empresa homes més intel·ligents que jo.»

.....

Això deia en la meua primera memòria sobre tan important matèria. D'aleshores ençà he anat complint el meu compromís de publicar els resultats dels meus estudis pràctics en aquest art, explicant l'estat en què successivament s'ha trobat la meua empresa; i ara, en el present *Assaig*, recapitulo l'anteriorment publicat junt amb nous estudis que sotmeto al judici de les persones intel·ligents.

En fer-ho sento cert embaràs que prové de la impressió que m'han fet les recriminacions d'aquells que creuen que he disposat dels temps i els capitals suficients per a establir l'*Art de navegar per dessota l'aigua*. Aquesta hostilitat ha donat lloc a dubtes i que es manifestés la incredulitat més cega i obstinada, incredulitat que ha resistit a totes les meves demostracions en el terreny teòric i en el pràctic de les proves subaquàtiques i que m'ha privat dels recursos

nécessaris. Per dissort és reduït el nombre de persones que puguin donar un veredicta inapelable sobre si la navegació submarina és un fet realitzable en totes les seves aplicacions i pels mitjans que vaig proposar des d'un principi, que he perfeccionat després i dels quals me valc actualment; i malgrat ésser poques, crec no veure'm privat de llur dictamen: per a elles especialment he redactat aquest *Assaig*.

Construït el primer Ictíneo a què fan referència els paràgrafs anteriorment transcrits, va ésser llençat a la mar el 28 de juny de 1859. Tenia exteriorment set metres de proa a popa, tres i mig de la quilla a la cúpula o escotilla i dos i mig de mànega. La cambra interior era cilíndrica i de secció el·líptica; el diàmetre menor estava sostingut per barres de ferro longitudinals i estreps transversals: aquesta cambra tenia escassament set metres cúbics i podia contenir una tripulació de sis homes.

Es va llençar a l'aigua amb molt poc èxit, va rebre cinc cops de mar que varen inhabilitar les veixigues de flotació, es varen rompre els folros impermeables i alguns cristalls. L'avaria va ésser de consideració i jo havia acabat els recursos pecuniaris; però, després d'un examen detingut, em vaig convèncer que no hi havia inconvenient en fer submersions, mentre tinguessin lloc en una profunditat que no passés de vint metres.

L'important en aquest afer consistia en saber si l'Ictíneo reunia les qualitats que jo li atribuïa; si els homes que devia portar estarien tan bé treballant dins la mar com ho havíem estat en terra, tancats hermèticament; en una paraula: si l'Ictíneo descendiria i tornaria a la superfície, si romandria entre dues aigües i hi navegaria tan bé com per la superfície i pel fons. Si la navegació submarina consisteix en la verificació de tots aquests moviments i en la perllongació indefinida del sosteniment de la vida dessota l'aigua, és clar que el seu objecte principal quedava acomplert.

Vaig fer un gran nombre d'experiments que en conjunt varen donar resultats satisfactoris. I acabat vaig poder dir: «L'Ictíneo baixa i puja, camina i vira en la superfície, entre dues aigües i en el fons de la mar. L'home viu tan bé dintre l'Ictíneo com en plena atmosfera. La navegació submarina, doncs, és un fet.»

El 23 de setembre del mateix any vaig poder fer una prova pública: estàvem ja acostumats a dominar l'Ictíneo, per a poder convidar a les autoritats, persones facultatives, periodistes i poble de Barcelona. Dels venturosos resultats de l'assaig varen donar-ne compte els diaris de la ciutat.

Aquests primers assaigs els vaig realitzar en les pitjors condicions possibles, com són les d'un Ictíneo que feia aigua; que no tenia veixigues de flotació; amb cristalls romputs i en unes aigües brutes que impedièn veure els objectes del sòl, àdhuc estant endinsat el vaixell cosa d'un metre en el fang.

Després de l'assaig del 23 de setembre vaig reparar les avaries i continuar les proves fins a la darrera que va fer el primer Ictíneo, el 7 de maig de 1861, en aigües d'Alacant, davant els ministres de Marina i Foment i una comissió de diputats i senadors i de membres de l'Acadèmia de Ciències de Madrid. En aquesta prova, de la qual varen donar compte els periòdics de l'època, l'Ictíneo va navegar perfectament, malgrat l'alteració de les aigües; car hi havia mar-de fons i el corrent i el vent de Llevant.

En aquesta primera època de la navegació submarina era tal la nostra passió per ella, que empeníem molts dels assaigs exposant-nos al doble perill de l'asfíxia per manca d'oxigen i per sobra d'àcid carbònic; riscos que d'avui endavant no hauran de córrer els exploradors submarins. Aleshores jo encara no havia descobert el mitjà de produir oxigen dintre la mateixa cambra de l'Ictíneo i a mesura de les necessitats dels exploradors, ni es coneixia el d'extreure'l del permanganat de potassa, ni el de desenrotllar-lo d'una barreja de biòxid de bari i bicromat de potassa a favor de l'àcid sulfúric; així és que portava l'oxigen amagatzemat en dipòsits; i com que era un poc enutjós de produir-lo, comprimir-lo i portar-lo a l'Ictíneo, degades preferíem abandonar-nos als atzars de les proves, la duració de les quals procuràvem escurçar tot el possible, sense altre aire que el contingut naturalment en la nostra cambra i sense altres instruments d'anàlisi que els mateixos efectes produïts en la nostra organització per l'aire impur que circulava dissolt en la nostra pròpia sang.

En aquest primer Ictíneo, des de 1857 fins a 1862, es va esmerçar en la construcció i experiments anteriors i en les proves, plànols i viatges la quantitat de vint mil duros.

El segon Ictíneo, començat el gener de 1862, va ésser llençat a la mar el 2 d'octubre de 1864. Té exteriorment disset metres de proa a popa, tres i mig de la quilla a la part superior de la cúpula i tres de mànega. El case interior o part resistent té la forma d'un el·lipsoide de revolució perllongat, els vèrtexs del qual constitueixen la proa i la popa: l'eix major interior és de catorze metres i el menor de dos metres. La capacitat interior d'aquesta cambra és d'uns vint-i-nou metres cúbics; està construïda de codernes transversals i circulars, de fusta d'olivera, sobreposades i ajuntades en tota la longitud de l'el·lipsoide; la fusta és escollida i sense cap defecte i el seu gruix és de deu centímetres; aquestes codernes estan revestides exteriorment de cintes de roure longitudinals de sis centímetres de gruix, i sobre aquestes cintes hi ha un folro de coure de dos mil·límetres de gruix, curiosament col·locat, per tal de fer l'el·lipsoide impermeable a les majors pressions que pugui resistir.

El conjunt afecta exteriorment la forma d'un peix de disset metres de llarg; des del centre a la proa, les seccions són circulars, però vers la popa es van estrenyent en forma el·líptica fins al cap de la carena.

Els moviments de trasllació i virada s'obtenen per mitjà de l'hèlix propulsora i el timó, quan l'Ictíneo és a la via, i quan està parat vira mitjançant dos hèlixs laterals col·locades en la part superior, a popa, inclinades a 45° sobre l'horitzontal.

La tripulació es componia de vint homes, setze dels quals han estat fins al 1866 destinats a servir de motor.

Aquest Ictíneo pot navegar per fondàries de quaranta a seixanta brases, havent-lo provat per 30 metres de profunditat. Ha fet assaigs com a vaixell de guerra, practicant les més difícils operacions que poden exigir-se a una nau submarina: ha tirat canonades des de dessota l'aigua, carregant sempre en el fons de la mar un canó curt, giratori sobre els seus munyons d'ànima lisa, de seixanta centímetres d'eix i deu de diàmetre, amb càrrega d'un quilogram de pólvora.

Malgrat ésser aquesta època de formidables armaments marítims, aquests assaigs no varen cridar l'atenció del Govern, i per això vaig deixar els estudis pràctics de guerra, que podrien ésser de gran utilitat a les nacions que, com l'Espanya actual, no poden trobar grans

recursos per als armaments marítims. Pel demés, en els esmentats assaigs vaig observar ço que segueix: a l'acte del dispar, malgrat la menor resistència que troben els gasos en llur direcció, que és la vertical, la reacció és molt violenta en tots sentits, en termes que va destroçar els quaters de coberta de l'Ictíneo, va rompre els cargols de trenta-dos mil·límetres de diàmetre i va abonyegar les veixgues de flotació. S'ha de tenir en compte, però, que tan violentes i repetides reaccions no varen afectar de cap manera el cos resistent, la cambra submarina, sinó sols la seva obra morta. La boca del canó a l'acte del dispar és tocant aquesta mateixa obra morta i pot estar molt separada d'ella i evitar-se les avaries.

Vàrem fer proves de respiració romanent llargues hores incomunicats; proves que sempre varen ésser interrompudes per altres necessitats que les promogudes pel desig de gaudir de l'aire natural, que en ictinis petits no és molt còmode disposar de lloc a propòsit per a satisfer-les.

Varen aparèixer l'un darrera l'altre bastants defectes, entre ells l'oxidació dels cargols de ferro que interpolats amb altres de bronze subjectaven els fons impermeables; ens en vàrem adonar en una prova de resistència a trenta metres de profunditat; en l'ospai d'un minut la cambra interior va embarcar una tona d'aigua.

En reparacions i correccions vàrem passar fins al mes de setembre de 1865, en què, en mig de la pesta que afligia Barcelona, varen començar les submersions que vingueren a palesar que tot ço que havíem corregit en l'hélix i en la maquinària interior no havia millorat la velocitat de l'Ictíneo, el qual, mogut per setze homes només caminava a raó de mig metre per segon. Amb tan escassa marxa no em vaig atrevir a emprendre totes les aplicacions del vaixell-peix, excepte les referents a la guerra marítima, de què he parlat.

Ja des del desembre de 1864 vàrem observar que l'Ictíneo no atenyia en la seva marxa la velocitat de dues milles i mitja per hora, indicada pels càlculs i suficient per a vèncer els corrents ordinaris, i per això vaig procedir tot seguit a la continuació dels estudis pràctics que havia començat sobre certs motors, amb el propòsit d'aplicar el més aventatjós als futurs ictinis i especialment als destinats a llargues exploracions submarines. En aquests estudis pràctics vaig emprar tot l'any 1865, fixant-me sobretot en la producció de calòric

mitjançant combustibles i comburents en estat sòlid i que llurs principals productes no fossin gasosos.

L'aplicació del calòric com a motor té l'avantatge de poder ésser aplicat a una caldera d'aigua i de no tenir d'inventar-se cap receptor de la força, sinó acceptar el de tots conegut, la màquina de vapor, tal com funciona avui dia; però té l'inconvenient d'eleva la temperatura de la cambra. Per remeiar això no hi ha altre recurs que cobrir la caldera, els conductors del vapor, la màquina i les parets de fusta de l'Ictíneo, de tubs de petit diàmetre, resistents i prims, peis quals circuli l'aigua de baix a dalt, per a traslladar a la mar l'excés de calor que no podria passar a través la cambra, per ésser la fusta mal conductor d'aquest fluid.

En la construcció del motor, en la seva instal·lació a bord, en les reformes interiors de l'Ictíneo i en vèncer contratemps de tota mena, vàrem estar tres anys, que finiren amb el mes d'octubre de 1868, en què vàrem fer proves perfectament acabades del motor submari. Potser hauria estat millor no deixar-me seduir pel gran avantatge que m'oferia el motor i emprendre amb la força de la tripulació les aplicacions a la pesca del coral; perquè portar la màquina de vapor al fons de les mars oferia més dificultats que la seva aplicació a la navegació flotant i als ferrocarrils.

Per això se'm fan càrrecs; i jo crec que són justos, sota un punt de vista especial; però no puc pas col·locar-m'hi. Volien que, tenint jo un poderós motor, navegués amb la sola força muscular; que llencés a les profunditats de la mar setze homes i un Ictíneo, pesat en la seva marxa, negant-los la força necessària per a lluitar amb els perills! Després d'haver cercat durant *doze* anys aquesta força que substitueix amb tants avantatges la dels nostres braços, ¿podia jo diferir la seva aplicació a un tercer Ictíneo, exposant-me a perdre el segon per falta de força? Si per aquesta falta, i sols per ella, m'hagués llençat un corrent submari contra un laberint d'esculls, roques i coves com se'n troben en els criaders de coral, ¿no es perdria per molt temps tota esperança de noves temptatives en aquesta mena de navegació? ¿On són els meus successors en l'Ictíneo? Els que poden reemplaçar-me haurien restat amb mi al fons de la mar, i l'empresa anorreada. ¿És que coneixem nosaltres, ni ningú, aqueixes profunditats, per a menysprear la força de la màquina de vapor?

Precisament els competents em feien el càrrec de no saber trobar un motor inanimat per a l'Ictíneo; i aquest càrrec també era injust, car si fins al segle passat la humanitat no es va saber aprofitar del vapor, ¿com era possible que jo, sol i en poc temps, trobés una feliç substitució de ço que ha costat, si no des d'Haron d'Alexandria, des de Papin, tantíssims anys d'investigacions i estudis als homes savis?

Perfeccionat el foc submari, terminades les proves a l'octubre del 1868, empenyat el meu crèdit i agotats els havers d'alguns amics meus; impedit-me l'estat dels afers públics i politics de la nació fer cap emprèstit i celebrar cap contracte que em proporcionés cabals, no puc fer altra cosa que aplegar les meves notes, estudis i experiments, ordenar-los i escriure aquest treball per a intentar després si aconseguixo d'algun Estat l'aplicació de l'Ictíneo a la defensa i atac de ports i costes.

Veu's aquí dotze anys transcorreguts i cent mil duros despesats, sense altre fruit, si la fortuna continua adversa, que la redacció d'aquest *Assaig*. És certament preu ben car el d'un projecte de navegació submarina, si ha de restar oblidat com el de Fulton i si, com el de Fulton també, no pot servir, per falta de publicació, de punt de partença per al futur descobridor del món de les aigües.

Un inventor és un pobre aprenent d'un art que no té mestres; les seves eines són les seves facultats intel·lectuals; i les matèries a què ha de donar nova forma i nova vida són les veritats, patrimoni de les generacions passades. Tots, en aquest sentit, som més o menys inventors; tots treballem, procurant donar altres manifestacions a les veritats adquirides; i és en aquest cas quan sentim la necessitat de l'atenció i de la indulgència d'altri. I és que, sentint que creem, sentim que som febles, i, com a tals, necessitats de l'ajut d'altri, i si aquest ens falta, ens planyem, jo crec que amb justícia, perquè tots, grans i petits, treballem pel bé comú, que radica en l'imperi de l'home damunt la Naturalesa.

Que se'm perdoni, doncs, si a les recriminacions dels que creuen que he disposat de capitals suficients per a industrialitzar la nave-

gació submarina i que passen que inventar és cosa tan fàcil com practicar el conegut, se m'ocorre oposar la cita d'homes il·lustres, la vida dels quals he estudiat, rebent-ne estimul per a seguir en la meua empresa.

Watt va emprar disset anys i dos cents cinquanta mil duros en fer manual i de general aplicació la màquina de vapor. Jacquard, durant quinze anys, va exercir el seu fecund ingeni per tal d'aconseguir que el teixit imités les pintures a l'oli. Niepce i Daguerre varen esmerçar vint anys en la creació de la fotografia i en convertir-la en un art fàcil i a l'abast de tothom. La locomotora va necessitar, per a adquirir la perfecció reclamada per la velocitat en els ferrocarrils, vint-i-set anys. La fabricació de paper continu no va arribar a ésser industrial sinó després de trenta quatre anys d'assaigs a Anglaterra, França i Alemanya. La il·luminació pel gas no va poder desenrotllar-se sinó mitjançant el llarg espai de quaranta cinc anys. I respecte a la telegrafia elèctrica, des de les indicacions de Franklin, les comunicacions elèctriques entre Madrid i Aranjuez el 1797, per Bétancourt, i els perfeccionaments del doctor Salvà a Barcelona, fins al telègraf elèctric de Veatstone a l'Anglaterra, de Stenhiel a Alemanya i de Morse als Estats Units, transcorre més de mig segle!

Si malgrat conèixer aquests i altres exemples, i sobre tot els d'inventors poc afortunats, he confiat massa en les meves forces i en les dels meus generosos amics; si he vist sempre propera l'hora de la realització dels meus projectes; si he inspirat la mateixa confiança als meus consocis i tots hem cregut en l'adquisició immediata del món submari, és perquè les empreses elevades, com els grans centres de gravetat, tenen el privilegi d'atraure'ns per forces poderoses desconegudes, que ens imprimeixen un moviment de dia en dia més ràpid. És veritat que en el nostre desig d'arribar aviat ens vàrem fer la il·lusió d'anar directament al nostre destí; vàrem creure que el medi social on vivim acceleraria el nostre moviment i no apareixerien aqueixes forces repulsives que tendeixen a allunyar-nos del centre de les nostres aspiracions!

Gran és l'empresa de la navegació submarina, perquè sosté la

vida de l'home isolat de la Naturalesa, sense participar de la seva benèfica influència més que per certs fenòmens que se'ns revolten pel moviment, com la gravetat i el magnetisme; perquè, lluny de les influències solars i atmosfèriques, de les emanacions i vista dels camps i les prades, resol el problema de viure en el caos, mercès a les mateixes lleis de la Naturalesa, que l'home obliga a obrar en el vehicle que el transporta.

Totes les obres humanes han comptat fins ara amb una base de sustentació i amb abundància d'aire atmosfèric. En la navegació submarina no tenim ni sustentació, ni aire, ni llum natural; estem tancats en una cambra que ha de penetrar per un medi obscur, on devem lluitar amb corrents i forces que no coneixem, amb enormes pressions, sense que poguem esperar cap auxili exterior; i, no obstant, vivim en aquesta cambra, ens sostenim en aquest medi, il·luminem aquest caos, i a la fi, vençant corrents i pressions, l'home arribarà a conèixer aquest nou món, darrera part de la crosta terrestre sostreta al seu domini.

La resolució d'aquest problema reclama grans qualitats d'esperit en el seu iniciador i en la seva nació irresistibles aspiracions al domini de la Naturalesa. Des del començament de la meua empresa i presentint els obstacles que pogués trobar, vaig recórrer al sentiment públic en benefici de la idea de l'Ictineo, que la humanitat té el major interès en realitzar.

Estudiar les lleis naturals en el fons de les aigües; els països submarins, llur fauna i llur flora, l'acció dels fluids imponderables, l'estructura de llurs terrenys i llurs muntanyes i llurs desconeguts tressors, em sembla una empresa digna dels pobles moderns. Tement de no poder desenrotllar-la en totes les seves parts, vaig procurar fixar l'afany d'adquirir, natural a l'home, indicant-li els corals, les perles, l'ambre, les esponges que, ocultes avui per les aigües i visibles pels ictinis, enriquiran les empreses submarines; i vaig haver de provar al Govern que les naus submarines seran armes poderosíssimes de guerra marítima; car, si s'establís amb un o altre motiu la navegació subaquàtica, quedava perpetuat el seu ús, es perfeccionava l'ictini per a aplicar-lo en l'esdevenidor al coneixement de les majors profunditats de la mar.

¿Què hi feia en aquest cas la major o menor profunditat i va-

rietat de coneixements de l'autor del projecte, la seva concepció fàcil o tardana, la seva resistència més o menys poderosa en les lluites obstinades que ofereixen la dominació de la Naturalesa i la persuasió dels homes? Em va semblar que suplia les meves dèbils forces l'amor als avenços de les ciències, al perfeccionament físic i moral de l'home i sobretot el meu ardent entusiasme per empreses tan importants i difícils com la conquesta de llocs inaccessibles a l'organització física de l'home. Des de 1859 en què vaig fer els primers viatges per dessota l'aigua, reconeguí ésser poc jo per a tan gran empresa; i per això en la segona memòria publicada el 1860, i en les successives, vaig reclamar l'auxili dels savis, dels capitalistes i del Govern. He anat donant compte sempre al públic de l'estat en què es trobava l'Ictíneo, de les proves que realitzava, dels estudis pràctics sobre el motor submari. Vaig manifestar els meus desigs de fer de l'Ictíneo una empresa nacional. ¡Àrdua empresa! Tant com la del mateix Ictíneo. Si l'intentar-ho ha estat qualificat d'insensatesa per molts, jo per mi ho tinc com a meritori, car a l'esperança d'aconseguir-ho dec els estudis que avui puc oferir al públic.

Encara que pocs, no han de desmerèixer l'atenció dels savis, i més, segur com estic que llur meditació podrà engrandir-los fins que la navegació submarina arribi a aquell grau d'esplendor de la marina flotant, viva representació de la prosperitat de les nacions modernes. Mes si, àdhuc consagrant les meves darreres forces a una idea profitosa, no assoleixo el seu triomf, restarà almenys aquest *Assaig*, com llavor que les pluges i l'escalf de l'esdevenidor han de desenrotllar.

«En tots temps — diu l'immortal Arago — l'home s'ha deixat dominar per la rutina, per una tendència invencible a apreciar-ho tot *a priori*, des de les altures de la seva vanitat, de la seva falsa ciència; les veritats, les invencions més útils no han arribat mai a ocupar el lloc que legítimament els pertocava sinó a viva força i per la intervenció perseverant d'alguns esperits selectes.»

Si en aquest treball es troben buits i estudis incomplets; si, per exemple, no hi ha un sol anàlisi de les reaccions entre productes del regne mineral, reaccions que utilitzo com a motor submari; si els

experiments sobre la resistència dels cilindres compostos de generatrius arquejades són tan pocs que no m'hagien permès trobar la llei de la llur resistència a la pressió; si no he pogut portar la pràctica de la màquina de vapor a llargues excursions submarines; en una paraula: si aquest *Assaig* no és encara un *Tractat de l'art de navegar per dessota les aigües*, és degut quasi exclusivament a la manca de cabals i d'adherents poderosos.

## II

## IMPORTÀNCIA DE LA NAVEGACIÓ SUBMARINA

*Importància en la guerra marítima.* — En parlar de la importància de la navegació submarina, se m'acut immediatament el nom de Fulton, que la va assajar amb el sol propòsit, segons sembla, d'aplicar-la a la guerra marítima.

Entre les proves que va fer s'esmenten aquelles en què va intentar enfonsar embarcacions flotants per l'explosió de torpedes que, abans d'esclatar, deixessin a la nau submarina el temps necessari per a allunyar-se. Si a principis d'aquest segle, això és, quan encara no s'havien inventat els vaixells cuirassats, ni el mateix Fulton havia aplicat la màquina de vapor a la navegació, els torpedes dirigits per naus aquàtiques constituïen una de les millors armes per a la defensa dels ports; ara, que la marina de guerra no sols compta amb el vapor i la cuirassa, sinó amb canons de gran abast, són més que mai necessàries les armes submarines.

Les mateixes nacions on Fulton va proposar aquests mitjans de defensa són les que ara estableixen Escoles de torpedes. Els Estats Units, Anglaterra i França, que no varen fer cas de la navegació submarina amb aplicació a la guerra marítima, són les primeres que es decanten vers l'adopció dels torpedes; no obstant, cap d'elles no ha pensat encara en la utilització dels vaixells submarins per a aquest objecte.

Els torpedes són caixes de pólvora destinades a esclatar al peu d'un vaixell enemic per a destruir-lo. N'hi ha de submarins i de flotants. Els més temibles són els que, ocults per les aigües, poden explotar

en el moment precís en què el vaixell passi per damunt d'ells; aquests, o són automàtics, és a dir, es disparen per l'acció de la marxa del mateix vaixell que ha d'ésser destruït, o són elèctrics, i en aquest cas esclaten gràcies a un corrent elèctric dirigit des de terra, en el moment en què el vaixell travessa l'àrea que ocupan els torpedes.

No parlarem dels flotants fixos perquè poden ésser vistos per l'enemic, i, per tant, no són temibles. En quant als flotants dirigits des de terra o des d'una embarcació, l'enemic disposa de medis per a evitar-los: pot separar-se de la línia de direcció que portin, si van solts; i si van acompanyats d'una embarcació, aquesta pot ésser destruïda abans de disposar de l'avinentesa per a complir son objecte.

Respecte als submarins fixos, se m'ocorren algunes observacions que tenen llur importància. De primer antuvi reconec llur eficàcia quan es tracti d'impedir la navegació per un riu o de defensar tot pas estret de la mar, ja sigui entre costes, illes, esculls i bancs, car estan assenyalats els llocs per on ha de passar l'enemic; però si des de les aigües lliures immediates als ports, arriben els canons a les ciutats i arsenals que es preté defensar amb torpedes, no serà pas fàcil d'aconseguir l'objecte. Dificilment podrà saber-se des de terra quan el vaixell o esquadra enemiga passi per la zona d'acció dels torpedes: podrà el contrari no passar per la línia d'aquests, i, per consegüent, la defensa de la plaça no és segura com l'atac. Quan es va instal·lar l'Escola de torpedes en els Estats Units, em vaig adreçar a aquell ministre de la Guerra proposant-li l'Ictíneo com a mitjà apropiat per a conduir els torpedes contra els vaixells, i em va contestar que no necessitaven els meus serveis; una contestació semblant vaig merèixer del Govern espanyol el 1859 i el 1861; i és molt possible que per tot arreu els inventors d'aparells submarins hagin rebut respostes anàlogues.

No obstant, la importància dels ictinis com a màquines de guerra no pot ésser dubtosa per ningú. Un ictini pot navegar tenint sols dos, tres o quatre metres d'aigua que el separen de la superfície; en aquesta situació és invulnerable, car una bala de 68 tirada segons un angle de 20° sols penetra uns seixanta centímetres dintre l'aigua (1);

(1) *Armes de jet*, per SCORPENS, traduït de l'anglès. — París, 1863.

un tub-telescopi vertical pot traslladar per reflexió a una cambra obscura les imatges de l'esquadra o del vaixell de guerra que s'intenti atacar; per tant, l'ictini, sempre velat per les aigües, pot dirigir-se a l'enemic, al qual està veient, gràcies al tub de reflexió, i per consegüent pot destruir-lo per medi d'un torpede o d'una canonada en el timó i propulsor.

Si es tracta d'atacar un port, l'ictini pot incendiar les naus ancorades i àdhuc els arsenals i ciutats que estiguin a l'abast dels projectils inflamables.

Si hom es fixa en el camí recorregut en l'atac i defensa dels litorals, des del vaixell de fusta, el vapor, el cuirassat, l'ariet, el monitor, fins a arribar al torpede, remarca, com deia en el degà de la premsa periòdica d'aquesta ciutat un amic meu, en un dels seus articles sobre l'Ictineo, que així com en la defensa des de terra es va substituint la terra o arena a les muralles de pedra, en la mar la defensa i atac dels ports fa el mateix; i si aquest sistema defensiu és bo, res més lògic — conclouia el meu amic — que oposar als vaixells cuirassats la cuirassa d'aigua que cobreix els ictinis, els quals podran atacar i destruir les naus blindades i defensar així amb més eficàcia els ports i ciutats marítimes.

El torpede és una arma essencialment submarina, i en adoptar-la es sentirà la necessitat de dirigir-la matemàticament al punt on ha de produir el seu efecte. El vaixell submarí i el torpede han nascut ensem i en un mateix cervell; ambdós es completen per a la guerra marítima; i l'adopció del torpede sense el vaixell-peix que el dirigeixi, equival a escollir bones llavors per a sembrar-les en ermots.

L'opinió en els ministeris de Marina, apadrinant els torpedes, després d'haver passat pels monitors i les torres de ferro, fa pensar que no és llunyà el dia en què es fixi en els ictinis; els quals, de la mateixa fàsis que poden engegar torpedes a menys de cent metres de distància dels vaixells contraris, també són a propòsit per a aixecar fins a la superfície un canó que, malgrat ésser lleuger, pot llençar bales capaces de travessar cuirasses i d'inutilitzar almenys el timó i propulsor de la nau blindada.

Si en una guerra l'enemic intentés destruir, per exemple, la nostra formosa Barcelona, i si s'adoptessin els torpedes com un dels mitjans de defensa, aquests haurien de col·locar-se força lluny de la platja,

car els vaixells no s'acostarien el suficient per a exposar-se a veure llurs cuirasses perforades pels focs de les nostres bateries. Per produir efectes desastrosos en l'esquadra, deuríem sembrar un gran espai de torpedes, i així i tot seria possible que no aconseguíssim el nostre objecte. Si aquest mitjà de destrucció fos encomanat als ictinis, aquests sortirien del port coberts per les aigües; res no indicaria als contraris els perills que passessin; sols un tub de menys de vint centímetres de diàmetre apareixeria, adés a flor d'aigua, adés submergit, segons l'estat de la mar: gràcies a aquest tub, del qual difícilment podrien adonar-se els contraris, el cap de l'ictini els podria veure perfectament i podria dirigir-se envers ells per a causar-los el major dany que les seves armes atenyessin.

Conec els monitors, dels quals vin un exemplar en el *Miantonomoa* que va visitar el port de Barcelona el 1867. D'ells s'ha dit que quasi indiquen la necessitat de crear una atmosfera artificial per als tripulants; i l'almirall francès M. E. Paris intentà reformar-los fins al punt de donar-los molta més mànega i aixecar sobre coberta un apèndix estret de sis metres d'altura, per a procurar comoditat i seguretat a les tripulacions que actualment emmalalteixen d'avorriment, de calor i de respirar un aire sobrecarregat de humitat.

El *Miantonomoa* és un vaixell de gran mànega amb dues torres giratòries, armades de quatre canons de gran calibre, capaços de llençar bales de sis quintars de pes. Aquesta mena de vaixells tenen per objecte principal la defensa dels ports, car amb la mar un poc moguda, segons afirmen els homes de l'art, no poden engegar trets de caça ni de retirada, per submergir-se la proa i la popa fins a entrar l'aigua per les portes de les torres.

Limitats a la defensa dels ports i tenint d'acceptar el combat amb els vaixells de golf, com que aquests els presenten la proa blindada, no poden rebre dany dels monitors, car llurs trets amb dificultat atenyeran una normal a les corbes de les proes, que amb aquesta intenció es fan agudes. Al contrari, essent les torres dels monitors cilíndriques, els projectils poden travessar-les amb major facilitat, car de qualsevol punt que surti el tret, pot ésser normal al cilindre; i si tan resistent és el folro que el defensa, pot ser almenys xafat i deslligat i la torra destruïda o inutilitzat el seu moviment de rotació. A la fi, un monitor és un enemic visible amb el qual es pot

lluitar i contra el qual la destresa del vaixell de pont pot molt, fins a passar-lo per ull, enfonsant-lo en la mar. Res no varen poder contra l'esquadra espanyola en el Pacífic els dos monitors que defensaven el Callao, malgrat ésser de fusta la fragata *Aimansa* que els combatia, faltant així a la defensa del port, únic fi d'aquestes construccions navals. No obstant, revestides de ferro i presentant poc fitó al tir, serveixen de gran destorb a l'esquadra que intenti la destrucció d'una plaça.

La defensa dels ports, limitada fins avui a la línia de terra, va revestida de ferro penetrant en la mar, per tal d'impedir que els projectils enemics atenyin la plaça defensada; i a mesura que avança tendeix a cobrir-se amb el mateix fluid que la sustenta. Del monitor podriem dir que preté amagar-se dessota la seva pròpia línia d'aigua; el *Mianionomoah* sols sobresortia vuitanta centímetres. Però com que l'enemic troba encara suficient espai per a ferir, no satisfà del tot aquest mitjà defensiu, i es cerca ja en els torpedes l'arma submarina que ha de defensar els ports dels grans vaixells cuirassats (1). Veu's aquí el camí recorregut per la defensa: ha passat de les altes muralles de granit a les bateries rasants, d'aquestes als monitors i després als torpedes. Es necessari fixar-se en aquest fet per a poder apreciar, sota el punt de vista defensiu, la importància de la navegació submarina.

Si és útil disminuir el fitó de la defensa, l'ictini no en presenta cap; si és útil el blindatge, l'ictini es cobreix amb la mateixa mar; si té eficàcia el torpedo, l'ictini estén la seva esfera d'acció dirigint-lo contra el contrari i esclata quan el dany que pot causar és cert.

Veu's aquí com en aquesta, com en totes les altres obres humanes, es va lentament a la perfecció; perfecció sempre tardana i costosa i que és la dissort del que s'avança un poc en la marxa lenta del progrés.

Aquells títols abonen l'empresa de la navegació submarina, i els crec tan valedors, que no sé pas éneertar per què des de Fulton no ha ocupat el lloc que li pertoca entre les conquestes d'aquest segle.

¿Què pot fer una esquadra blindada contra una ciutat defensada

(1) En l'atac del fort Sumter, el 7 d'abril de 1863 i en els monitors federals *Veehaaken*, *Passaic* i *Namtucliet*, a conseqüència d'haver rebut un tret de bala en les unions de les torres amb la coberta, quedaren inutilitzats els moviments d'aquestes i, per tant, llurs canons.

per naus poderoses, invisibles, que ataquen quan l'enemic es creu segur i contra les quals són inútils defenses les cuirasses i les manobres? ¿Quin dany pot rebre un ictini cobert per un mur líquid de quatre metres de gruix? Presenta a la llum de l'aigua un tub giratori de petit diàmetre que trasllada per reflexió en la cambra obscura de l'ictini les imatges exteriors; el cap de la nau submarina veu l'esquadra contrària, sotja els seus moviments, l'espera o es dirigeix al seu encontre; s'apodera, potser, de la capitana, la que porta la senyera d'almirall, i quan la té a tret, a cent metres de distància, aixeca un canó o torpede a flor d'aigua i tal volta l'enfonsa.

¿Què pot fer una esquadra que es ven així atacada, sinó retirar-se? No hi ha valor que resisteixi, car no hi ha defensa possible: ignorant on és el seu enemic, només sap de la seva existència pels cops que rep.

«Els americans — diu Montgéry (1) — pretenen que els anglesos, en llurs darrers creuers sobre la costa d'Amèrica, s'informaven amb ansietat de les empreses de Fulton i del lloc de la seva residència; la ciutat de Nova York, que aquest habitava, malgrat poder ésser atacada i fàcilment destruïda per vaixells de guerra, va ésser respectada pels anglesos... Es probable que si s'hagués prolongat la guerra, les armes submarines haurien inspirat quelcom més que vans temors.»

Abans que els monitors i l'Escola de torpedes s'establissin en els Estats Units, el primer Ictíneo havia navegat per dessota les aigües; poc després del primer combat entre vaixells blindats, entre el monitor i el *Merrimac*, vaig fer les proves de guerra; i els plànols del canó submari i de l'Ictíneo que el portava, varen ésser remesos al Govern espanyol anys abans que Erison realitzés el seu monitor; construcció naval més cara i més perillosa que un ictini, que defensa amb menys eficàcia que aquest un port, i, segons tots aspectes, d'una importància inferior, car la guerra és un accident en les naus submarines.

El monitor romp amb les tradicions científiques de la marina, que tant prestigi ha adquirit pel seus viatges de circumnavegació, enriquint les ciències físiques i portant arreu la civilització.

(1) *Traité des fusées de guerre*, par MONTGÉRY, capitaine de Frégate. — Paris, 1825.

El monitor, inútil per a les arts i les ciències, ha vingut a ocupar el lloc que lògicament pertocava a l'ictini, anterior a ell i a ell superior en la guerra i en la pau. Amb el que val un monitor podria construir-se un ictini capaç per a navegar a cinc cents metres de profunditat; el qual, a més de contribuir a l'establiment d'una nova indústria i a la defensa nacional, començaria per desenrotllar el panorama de la geografia submarina, que tanta glòria enclou per als fills d'una pàtria, que, mentre hi hagin homes brillarà pel descobriment del Nou Món.

*Importància industrial.* — La importància industrial de l'ictini es refereix a l'extracció del coral, de les perles, de l'ambre, de les sponges, i a la pesca en general; em limitaré al primer, per ésser abundant en les nostres costes.

Era arrelada encara a principis del segle passat l'opinió que el coral era una planta, quan Peyssonel, metge de Marsella, va anar a les costes de l'Àfrica a viure entre pescadors, per a estudiar la naturalesa i formació d'aquesta pedra arbòria, tan estimada dels pobles orientals, que amb tanta profusió viu en les fondàries de la mar i que amb tantes penes i treballs arrenquen i pugen a la superfície centenars d'embarcacions i mariners que es dediquen a aquesta penosíssima tasca. Dels estudis de Peyssonel, dels quals ens dona compte Lacaze-Duthiers, va resultar ésser el coral un eix lapidí que certs animalets van segregant. Malgrat les demostracions de Peyssonel, savis com Remour varen negar la naturalesa animal d'aquest producte, i sols després de les observacions de B. de Fossieu, de Guettard i del mateix Remour, varen reconèixer la veritat de les observacions de Peyssonel; però no se li va pas fer completa justícia, car es va atribuir quasi exclusivament als dits savis el mèrit del descobriment.

Lacaze-Duthiers, en la seva història natural d'aquest pòlip (Paris, 1864), din que es presenta com un sac terminat en un tub transparent, coronat per vuit braços amb franges i que la part interior del sac conté vuit llotges o caselles que corresponen als vuit braços o tentacles, els quals poden entrar, tornant-los del revés, dins de dites cel·les.

El coral es presenta en mates o arbustos; cada ram és una colònia composta de pòlips, cadascun dels quals, en el seu major desenrotlla-

ment, té l'aparença d'una flor en el seu calze; els vuit braços semblen les fulles d'una flor; en el centre d'aquesta es distingeix la boca i a dessota l'estómac i els òrgans de reproducció tot en una peça. La colònia de pòlips està unida per una pell carnosa que embolcalla l'eix lapidi.

Cada pòlip comunica amb els altres mitjançant vàries membranes i sistemes tubulars, pels quals circula un líquid lletós, que de vegades conté ous poc desenrotllats i espermatozoides. Així, hi ha una existència individual per cada pòlip i una altra de comuna a tota la colònia.

En un mateix tronc o mata de coral hi ha branques que contenen exclusivament pòlips mascles, altres exclusivament femelles i generalment en el mateix existeixen els dos sexes. També hi ha pòlips hermafrodites.

L'època de la reproducció és l'estiu, i sembla que la temperatura de 12 a 15° és la més pròpia per a aquesta funció en els aquaris i no es sap quina sia la més propícia en fondàries de 100 a 200 metres, on es cria. Els espermatozoides es distingeixen perquè tenen el cap gros; fecunden els ous en el si de les mares, car els pòlips són vivípars. Les larves estan uns trenta dies dins el mateix ovari; surten per la boca de la femella, com també per la boca del mascle varen sortir els espermatozoides.

Les larves semblen cucs molt petits en forma de pera, i la part més grossa i menys densa es fixa en les roques avoltades, gràcies a una matèria mucosa. Un cop està fixada, es transforma en pòlip; després la part carnosa d'aquest s'estén a son entorn, adherint-se a la roca, i quan ha adquirit suficient desenrotllament produeix altres pòlips per gemes o botons.

Cada pòlip i tota la crosta carnosa segrega una substància dura que es va enganxant a la roca i creix formant branques i mates; aquesta substància dura és el políper, el coral, el carbonat de calç i magnèsia enrogit per l'òxid de ferro.

El color roig dels teixits indica la plenitud de la vida; el groc, la mort, i una mena d'alga que es desenrotlla en el políper és un signe mortal.

No tenen importància les relacions entre la geologia dels bancs i els pòlips; sembla que es desenrotllen dessota de qualsevol cos

dur, mentres tinguin aigües clares, apartades de dipòsits de matèries putrefactes, i espai lliure on desenrotllar-se. Així és que els grans criaders es troben en les coves i en les roques acantilades (1).

Dono aquestes notícies com a base de la cultura d'aquest pòlip interessant a la indústria submarina.

El coral abunda en totes les mars meridionals, les muntanyes dels quals presenten acantilats, recons coberts i coves. Es troba des de 10 a 200 metres de profunditat. És abundant en les nostres costes del Mediterrani i molt excel·lent la qualitat del que es pesca en el Cap de Creus.

No descriuré els medis de què es valen els coralers per a extreure'l: sols remarcaré que pescar-lo de la superfície estant, és cercar-lo a les palpentes, i que es perd molt de temps inútilment en un treball improbe; i, no obstant, aquesta pesca és molt beneficiosa.

Quasi constantment hi ha empleades dues centes embarcacions, tripulades per dotze o catorze homes, en les costes d'Argèlia; les despeses de totes plegades, per temporada de sis mesos, són de dos milions d'escuts. Els beneficis que en treuen els armadors, no els sé, perquè aquests i els pescadors de coral són, d'entre els comerciants i industrials, els més reservats. He pogut col·legir, però, que els beneficis denen ésser quantiosos.

Els que es submergeixen amb l'aparell de Sieves, anomenat *escafandre*, que consisteix en un casc de ferro cobert de goma elàstica i unes sandàlies de plom, arrenquen el coral amb llurs propies mans, i aquesta pesca és molt més lucrativa que la que es fa per la *coralera*. No obstant, com que els bussos no poden baixar a més de vint metres sense perill de vida, la zona de llur acció està limitada a l'entorn de les costes i les illes.

Els bussos en aquest cas depenen d'una embarcació superior que els envia aire per medi de bombes que incessantment funcionen des del moment que el bus està vestit amb l'*escafandre*.

Atrets per les riqueses submarines, sovint succebeixen congestions, oblidant que es troben sotmesos a pressions que la feble constitució de l'home no pot resistir.

Jo he vist, en el Cap de Creus, en el curt espai de mitja hora,

(1) *Histoire naturelle du corail*, par LUCAS-DUBREUILS. — Paris, 1864.

descendir un bus vestint l'escafandre, a dinou brases de profunditat; romandre submergit sis minuts; tornar a pujar perquè després no va contestar als senyals que durant tres o quatre minuts se li varen fer per mitjà d'una corda; arribar a la superfície asfixiat, paralytat per l'excessiva pressió de tres atmosferes; fustigar-lo i retornar-lo a la vida, dilatant i comprimint lateralment el seu pit; i, no obstant, aquest home que per tals trànsits va passar en tan breu espai de temps, en va tenir per a arrencar de les roques dotze lliures de coral, que va portar en el sarró.

Els ictinis poden recórrer les costes en tots sentits i descobrir criaders completament verges de tota explotació, on el coral haurà pogut desenrotllar-se i créixer en un sens fi de ramificacions que, com l'eura, cobreixen les parets més o menys inclinades de les roques i llurs cobertes.

*Aplicacions científiques.* — La geografia de la mar interessa, com la de la terra, sota els aspectes de l'orografia general i de la topografia, de les ciències físiques, de la química, de la geologia i de la distribució del calor, de la llum i de la vida de les plantes i els animals. La *Geografia física de la mar*, de Maury, dels Estats Units, rubleria de descripcions animades, és un llibre ple de poesia i de sentiment, i ensems, cosa rara, és científic en grau eminent per les observacions i estudis que conté i per la sagacitat del seu autor, quasi sempre hàbil en treure conseqüències rigoroses i exactes de fets que al primer albir tenen escassa importància. En començar els estudis subaquàtics, en despedir-nos de la superfície per a entrar en els avencs, encara s'ha de recórrer a aquest llibre que amb ses ensenyances ha facilitat la col·locació dels cables elèctrics que uneixen l'Europa amb l'Amèrica.

Veu's aquí com s'expressa Maury sobre la importància dels estudis submarins:

«De què serveixen les sondes de les grans profunditats?

Tal és la pregunta que es fa sovint i a la qual és tan difícil de contestar categòricament com a la cèlebre pregunta de Franklin: ¿de què pot servir un nou nat? Cada fet físic, cada acte de la Naturalesa, cada descripció de la terra i tot treball dels diferents agents que obren en la superfície del nostre globus, són fets interessants i instructius, si bé no podem conèixer elur utilitat pràctica fins haver-

los agrupat convenientment. No obstant, els esperits rectes han de considerar-los com preciosos indicadors que serviran als savis per a guiar els homes en aplicacions molt útils; aquestes sondes han donat ja una resposta per a la immersió del cable telegràfic a través l'Occèa. Són sí, on formiguegen animals sens treva renaixents, la seva superfície sempre la mateixa damunt la qual el temps no empremta la seva petjada visible, estan sotmesos a la gran llei d'un canvi continu, com totes les coses que depenen del domini actiu de la Naturalesa, ja en el regne animal, ja en el regne vegetal: en les ones hi ha el bressol de la vida que s'expandeix per tot arreu en les capes superiors; en el fons hi ha el lloc de repòs de totes les organitzacions.

Les profunditats de la mar deuen contenir riques llegendes antigues i eloqüents, les lliçons de les quals seran profitoses a l'home. Una barrera de bramuladores ones de millars de metres de gruix ens separa del fons de l'Occèa; no podrem travessar-la? La curiositat excitada ha engendrat empreses i ha posat en moviment l'esperit d'invenció. La mar amb sos mites ha atret sempre els pobles de totes les edats; com el cel, la mar conté una varietat d'objectes sense fi per a l'estudi i la contemplació; l'esperit humà desitja instruir-se en aquestes meravelles i comprendre llurs misteris. La Bíblia al·ludeix sovint a la mar: «quin és el seu passat? quina és la seva profunditat? ¿en què consisteix el seu fons?»

L'esperit i els treballs de la nostra època, ¿no podrien contestar a aquestes preguntes?

Les profunditats de la mar desvetllen la curiositat de tots els marins, i encara que no s'hagi fet cap descobriment sobre aquesta matèria, les investigacions practicades han augmentat encara més l'interès i el desig de conèixer-les.

Si les aigües es retiresin de l'entalladura que separa els continents, l'esquelet de la terra ferma restaria, en cert mode, al descobert, i entre les rases i esberles del fons de la mar potser es trobarien els restes d'innombrables naufragis, i aleshores apareixerien, sense dubte, en terrible barreja, ossos humans, desferres de tota mena, àncores pesantes, perles precioses, la imatge fantàstica de les quals ha interromput tants d'ensomnis (1).

(1) Tret dels paràgrafs 713, 724, 682, 683, 687 i 707. — *Geographie physique de la mer*, par MAURY; traduit par TERQUEM. — Paris, librairie militaire, 1861.

Dels estudis de Maury, de Scheilden, de Müller, de Humboldt i d'altres naturalistes i geògrafs, resulta que la Terra, abundantment poblada en les seves regions mitjanes, va essent despoblada a mesura que s'apropen les extremitats superiors de les muntanyes i inferiors de les mars. Neus eternes deturen la vida en els cimats de les muntanyes i enormes pressions en les profunditats de les aigües: la falta de calor i de pressió atmosfèrica impedeix el desenrotllament de tot germen de vida en les elevacions; la falta de llum i el pes de centenars d'atmosferes han convertit el fons de la mar en un vast cementiri. La vida en la mar està deturada en la seva superfície, en una longitud vertical ignorada. «No coneixem — diu Maury — cap força capaç de descendir a les pregoneses de la mar, ni de pujar del fons a la superfície»; i afegeix: «L'home no veurà ni tocarà mai el fons de les aigües, si no és mitjançant el plom de l'escandall.» I, no obstant, nosaltres podem observar a Maury que els embolcalls dels cables transatlàntics resisteixen sense trencar-se una càrrega constant de 600 atmòsferes i deixen passar una de les majors forces que posem — l'electricitat — de l'un a l'altre continent; i que s'ha subjectat aparells de ferro a pressions superiors a aquesta i han resultat impermeables (1). Si, doncs, l'experiència ens dona dos fets consumats, que estan a la vista de tots, com són la impermeabilitat de materials i la transmissió d'una força a través pressions enormes, no hi ha per què desesperar, com Maury, que l'home, en una època més o menys propera, vegi i domini les profunditats de la mar. Per navegar pel fons de l'Occèa no cal més que fer extensius els dos fets ja provats, pels cables elèctrics submarins, a un aparell capaç de sostenir la vida animal: si aquest aparell no deixa passar l'aigua i deixa lliure pas a l'electricitat, queden complides dues de les condicions primordials de tot ictini: ço és: que sigui estanc a l'aigua i que transmeti la força de l'interior a l'exterior. La primera suposa la resistència a la pressió dels materials utilitzats en la construcció

(1) Alguns electricistes opinaven que, sotmès un cable a una pressió de cinc mil lliures per polzada quadrada, l'aigua penetraria en l'interior del cable, destruint-lo. L'experiència ha provat que la conductibilitat del cable ha anat en augment després d'haver-lo subjectat a una pressió equivalent a 2 1/4 milles de profunditat en la mar. Els experiments s'han fet en la gran premsa hidràulica de Reid, capaç de fer una pressió de deu mil lliures per polzada quadrada, a Londres Warf-road. (*Les mondes, tom. II, Les literaiton, pag. 5.* — Paris.)

de les cambres subaquàtiques; la segona suposa la possibilitat de moviments que assegurin la locomoció lliure de les mateixes cambres.

El fet de la transmissió de força pel cable submarí ens limitaria al motor elèctric o a la transformació de tot altre motor en força elèctrica; la qual cosa no és un inconvenient tan greu que pugui impedir l'home de veure i tocar per altre mitjà que el del sondeig la vasta superfície suboceànica.

Posseint, doncs, l'home els mitjans necessaris per a impedir l'entrada de l'aigua en els seus aparells submarins i per a exterioritzar la força que generi dintre d'ells, pot realitzar la navegació submarina per fons almenys iguals als que ateny la platea telegràfica de l'Atlàntic. Aquesta navegació podria resoldre alguns problemes que les ciències naturals han plantejat.

De primer antuvi ens interessa saber l'escala de la vida en el sentit vertical de la mar; i per a donar a conèixer la seva importància em limitaré a les Instruccions que l'Acadèmia de Ciències de França, a proposta del Govern, ha redactat per al vaixell-escola *Jean-Bart*, destinat a un viatge de circumnavegació, i de les quals trec la següent nota:

«Les observacions batimètriques de Forbes i de molts altres naturalistes sobre les diverses estacions dels animals marins, així com sobre les relacions que semblen existir entre el mode de distribució d'aquests éssers i llur paper geològic, han ofert moltes qüestions importants per a resoldre i donar interès a tots els fets que poden aclarir els límits que la Naturalesa assenyala a cada espècie en les fondàries de la mar. Forbes havia pensat que la zona submarina habitable pels animals era molt estreta i que, a profunditats poc considerables, per exemple, un centenar de metres, desapareixia tot senyal de vida; però investigacions recents han provat que això no és exacte. Així, en una comunicació a l'Acadèmia, l'any 1861, M. Alfons Milne-Edwards estableix que mol·luscos i coral·làries i altres zoòfits poden viure i desenvolupar-se a una profunditat de més de dos mil metres i que alguna d'aquestes espècies peculiars a grans fondàries no semblen gens diferir de certs animals les despulles sòlides dels quals es troben en estat fòssil en els nostres terrenys terciaris. D'uns quinze anys ençà, exploracions nombroses, fetes amb la draga i amb la sonda, han contribuït molt a l'avenç dels nostres coneixements

ments relatius a la distribució dels éssers vivents en les regions submarines i han vingut a demostrar que, Adhuc en les profunditats de l'Oceà, éssers microscòpics, els foraminífers, per exemple, es multipliquen de faiso que juguen un gran paper en l'economia general de la Naturalesa... Aquests estudis tenen un gran interès el mateix per a la Geologia que per a la Zoologia geogràfica.» (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. Paris, 17 mai 1869, pàg. 1148.)

Hi ha en el nostre globus un corrent anomenat magnètic, que només és conegut des del segle III de la nostra era i que els xinesos, japonesos i illencs de Corea varen aplicar a la navegació mitjançant una agulla de marejar flotant en un vas d'aigua. L'origen i causes de la seva intensitat, declinació, inclinació i lleis importants, són ignorats de tothom. Aquest corrent té pols i equador, els quals no coincideixen pas amb els pols i equador de la Terra. Té, a més, quatre punts que podríem anomenar pols de major intensitat, que estan situats dos vers el pol àrtic i dos vers el pol antàrtic: cadascun d'aquests parells de major intensitat conté al mig el pol magnètic. Malgrat ésser diferent en tots els punts del globus la intensitat, declinació i inclinació, hi ha línies d'igual intensitat, igual declinació i igual inclinació. Aquest corrent sofreix canvis seculars, anyals, diürns i altres que tenen lloc en una mateixa hora: els mateixos nusos o punts en què es tallen l'equador terrestre i l'equador magnètic sofreixen un moviment de trasllació d'Orient a Occident.

Sobre aquestes continuades variacions, veus-aquí com s'expressa Arago: «L'acció directriu és evidentment la resultant de l'acció de les molècules de què es compon el nostre globus; ara bé: ¿cóm aquesta resultant pot ésser variable quan el nombre, la posició, la temperatura d'aquestes molècules, quan totes les altres propietats físiques són constants? ¿Serà certa la suposició de Halley que en l'interior de la terra existeixen molècules mòbils? L'honor de les corporacions sàvies està interessat en la contestació d'aquestes preguntes.»

Per a llur estudi s'han establert, a proposta d'Humboldt, centenars d'observatoris que des de Goetinga, centre de les observacions, atenyen, per Rússia i Àsia, a Pequín; per Europa i la costa africana, el Cap de Bona Esperança; per les dues Amèriques, l'Oceà Pacífic i Austràlia. S'han fet observacions sobre els cimals de l'Himalaia, els Andes, els Pireneus, els Alps i el Caucas; en coves i mines pro-

fundes; en altures de 7,000 metres, per Gay-Lussac i Biot, en l'isolament que ofereixen les ascensions aerostàtiques; i també se n'haurien de fer, i amb el temps se'n faran, en les sines de la mar. Per aquest darrer mitjà es sabria, de faiso més certa que ara no es sap, si la intensitat d'aquesta força varia, com la gravetat, a mesura que s'acosta al centre de la terra; si els meridians, l'equador, els nusos i les línies d'igual intensitat, declinació i inclinació, quan estan damunt la mar sofreixen alteracions; i com que les diürnes es relacionen amb la temperatura, es veuria — en aquells llocs on probablement és igual durant tot l'any i pot escollir-se la pressió atmosfèrica convenient — si l'agulla magnètica experimenta o no canvis i quines són la seva inclinació, declinació i intensitat. «El conjunt de totes les observacions — diu Arago — potser algun dia conduirà a algun resultat general.»

De ço que s'ha descobert fins ara sobre les relacions del magnetisme amb l'electricitat en moviment, la calor, la llum, els cossos que, com l'oxigen, es polaritzen i sobretot de les relacions entre la posició del sol i les manifestacions més enèrgiques del magnetisme terrestre, se n'han deduit teories a les quals l'observació aquàtica, bastant isoladora d'influències estranyes, podria portar alguna llum.

En efecte: si el seient del magnetisme i, per consegüent, la causa que afecta els seus tres elements, resideix en l'interior del nostre globus, obrarà amb més força com més sigui la proximitat del centre, la qual serà indicada pels instruments en una escala proporcional a la profunditat en què es facin les observacions; però si dita causa prové directament del sol, és molt probable que les observacions submarines no acusaran una major intensitat absoluta que la observada en la superfície terrestre.

L'estudi de la distribució de la calor en la vertical del globus, és bastant complet referit a la crosta terrestre dels continents. Dita calor augmenta d'un grau per cada 30 m. de profunditat, fins a arribar probablement a la temperatura de la fusió del granit i a la necessària per a la dissociació dels cossos compostos.

En l'atmosfera la calor sembla disminuir d'un grau per cada 250 metres d'elevació, segons el promedi de la màxima i mínima del viatge aerostàtic de Gay-Lussac, fins a 7,000 metres d'elevació;

d'un grau per cada 189 metres en temps serè, i d'un grau per cada 194 en temps núvol, segons els viatges aerostàtics de Flammarion, referits a altures de 3'500 metres. (*Comptes rendus*, t. LXVI, p. 1116.) En l'interior dels monts, i indicada per les deus que brollen lluny dels volcans i de les fonts termals, la temperatura sembla disminuir d'un grau per cada 300 metres d'elevació.

L'Oceà ofereix sense dubte la seva escala de calor decreixent des de la superfície fins al fons; escala interrompuda per la diversa temperatura dels corrents, però no per això menys certa, car està demostrat que els corrents equatorials es dirigeixen en gran part per la superfície als pols, i les polars, pel sòl de la mar, van a parar a l'Equador: així, mentre en la superfície de les mars intertropicals hi ha una temperatura de 27°, en el fons només hi ha la de 2°. Però l'escala mitjana és desconeguda.

La temperatura superficial del globus terraquí es deu quasi exclusivament a l'acció solar, tenint escassíssima influència sobre ella la lliure comunicació del foc interior amb l'atmosfera. La calor central es desfogava gràcies als sistemes de volcans, que tenen per centre: a l'Àsia, Java i Sumatra, estenent-se la seva acció fins al Japó i les illes Alèutiques; a l'Europa, Grècia i Itàlia; i a Amèrica, els Inques i Mèxic. Ignorem si aquesta lliure comunicació té centres submarins, encara que tinguem els indicis que ens ofereix l'emersió d'illes volcàniques.

Com que les forces interiors tendeixen a augmentar el volum de la terra i el refredament gradual a disminuir-lo, la combinació de aquestes dues forces ha produït els sistemes de muntanyes que l'Orografia descriu; però ignorem no solament la direcció de les cadenes de muntanyes submarines, sinó àdhuc la mateixa existència llur, i, no obstant, interessa a la física general del globus el coneixement de tots els seus relleus. Si bé els submarins han d'estar coberts d'una capa més o menys profunda de precipitacions de tot gènere; les forces interiors que diverses vegades han cremat la crosta terrestre aixecant masses endurides com la cordillera dels Andes, han d'haver produït iguals efectes dins la mar, el sòl de la qual ha de presentar acantilaments que no han pogut cobrir les precipitacions, on encara podrà llegir-se alguna part de la història del nostre globus.

El calor central és capaç de servir en estat líquid i dissociats tots els cossos que formen la massa interior de la terra; d'altra banda, quasi tots els gasosos i molts volàtils han d'haver-se després de la massa líquida, col·locant-se des dels primers temps del refredament i solidesa permanent del nostre globus, en la seva superfície, en la qual han experimentat les accions químiques a què estan subjectes: per això la clova terrestre és un compost de cossos oxigenats i de clorurs, sulfurs, hidrurs, etc. Tenim, doncs, una crosta dura d'algunes llegües de gruix formada per cossos compostos, i una massa, en son interior líquida, de cossos que en llur major part són simples.

La clova dura de cossos compostos rep l'acció de la calor central que els descompon i volatilitza; i aquesta descomposició continua ha de donar dos resultats: primer, una pressió interior que constantment aniria creixent si no tingués el desgast dels volcans; i segon, un desgast irregular en les parets interiors de la clova que a son temps ha de causar enormes enderrocaments en les voltes i «astials» de les cordilleres i continents.

Aquests enderrocaments, quan són considerables, contenen una gran quantitat de cossos compostos que penetraran profundament la massa líquida i en dissociar-se adquiriran tal força d'expansió, que serà capaç d'aixecar cadenes de muntanyes i de llençar a la superfície del globus grans quantitats de cossos simples. Aquests cossos, sortint a la superfície sòlida, s'escamparan en torrents i cremaran gràcies als comburents; però els que surtin en el si de la mar es refredaran de seguida i els menys oxidables servaran la forma pròpia de llur aparició en el fons submarí.

D'altra banda, i sota altres aspectes, la importància de la navegació submarina resulta de la importància mateixa dels experiments que a ella es refereixen. En l'estudi del regne vegetal i animal en el si de les aigües — si en aquestes hi ha el bressol de les primeres cèl·lules orgàniques — es trobarà potser la solució del problema de la descomposició de l'àcid carbònic, sense que intervingui l'organisme de les plantes i l'acció de la llum solar.

Sols la falta de producció indefinida de l'oxigen, que la respiració esmerça en cremar carboni, hidrogen i azot, impedeix a l'home romandre també un temps indefinit en les cambres hermèticament

tancades, en les quals no pot avui reduir-se el carboni per a deixar lliure l'oxigen; car la ciència no posseeix encara cap mitjà físic ni químic, fora de les temperatures elevades, que pugui substituir l'acció solar en la matèria verda dels vegetals.

I per fi, la importància de l'Ictíneo resulta de la mateixa dependència i relació mútua de les ciències. Si l'observació quasi exclusiva de la part sòlida del nostre globus és la deu de les ciències físiques i químiques, l'esbrinament de la profunditat de les aigües ens fornirà noves dades que deurem a aquestes mateixes lleis de la Naturalesa, l'acció de les quals serà diversa, car s'acomplirà en altres circumstàncies, és a saber: absència de llum, temperatura uniforme, pressió elevada i condicions elèctriques i magnètiques distintes. De nous agents han de sorgir nous fenòmens, i l'estudi de la part orgànica i inorgànica ha d'oferir nou interès, revelant-nos altres maneres d'ésser, l'aproximació de les quals amb els éssers atmosfèrics potser ens permeti endinsar-nos en el misteriós laboratori de l'organisme.

Si, a part aquestes consideracions generals, que expressen els meus presentiments sobre la utilitat científica de la navegació submarina, ens fixem en les especialitats esmentades, en l'estudi dels corrents i volcans d'aquella vastíssima regió i en la distribució de la vida i de la llum, tindrem de convenir que la navegació subaquàtica encloou un interès molt elevat d'actualitat, que trascendeix al vehicle submarí.

Succintament exposades les temptatives fetes en la iniciació de l'art submarí i la seva importància, resta en peu el problema en l'ordre pràctic.

Encara cap nació no s'ha atrevit a llençar homes i milions al fons de la mar, potser amb la temença que aquest els retingui en les seves entranyes i continui el secret dels seus misteris. Però la part expositiva dels mitjans amb què compta un ictini per a travessar i il·luminar les tenebres submarines, vèncer els corrents i sostenir la vida dels exploradors, crec que serà suficient per a donar les seguretats de bon èxit que requereixen aquesta mena d'empreses.

## III

## IDEA GENERAL DE L'ICTÍNEO

Explicada la història i la importància de la navegació submarina en les seves aplicacions a la indústria, a la guerra i a la ciència, el primer que procedeix és donar una idea general d'un aparell submarí. Jo voldria enumerar els aventatges de cada orgue, la seva història i modificacions; el pla general i els punts en què ha tingut d'ésser alterat; les decepcions, filles de la falta d'experiència en les noves aplicacions de certs principis de física i mecànica intentats, i les dificultats que ofereix la col·locació de tants arbres, engranatges i màquines parcials de la cambra interior submarina, amb referència a la facilitat del maneig de cadascun i al seu pes, el qual ha d'estar en relació amb l'estabilitat de la nau. No obstant, aquesta relació que jo podria fer, en certs punts, es confondria amb la història de tots els inventors, el mateix dels sortosos que dels que han tingut d'abandonar llurs projectes. Sols en aquests casos és quan se comprèn per què s'esmerça tant de temps i cabals en els nous aparells que vénen a acreïxer la riquesa pública.

En aquest capítol, doncs, evitaré la descripció particular de cadascun dels òrguens, que constitueix la segona part d'aquest *Assaig*, destinada a servir de base a l'art de construir i manejar les naus submarines.

De primer antuvi he d'assenyalar una contradicció en què, segons sembla, s'ha d'incórrer quan es construeix un vaixell destinat a navegar per dessota l'aigua; contradicció que està en la naturalesa de la mateixa nau. Com a vaixell flotant convé que tingui poc calat i que les seves formes de proa llencin per ambdues «mures» les aigües que divideix en la seva marxa; com a vaixell submarí, essent tot ell calat, interessa que penetri l'aigua a la faisó que ho fa el peix, el qual està mancat de tallamar i de proa oberta per la part superior. Aquesta contradicció és inconciliable; han de quedar sacrificades en part o en tot les formes pròpies de la nau flotant, optant per les submarines.

No sols en les formes, sinó en totes les altres parts, hem de tenir

present que la Naturalesa ha establert regles que combinen els òrguens dels animals, i reconeixent amb Flourens que hi ha òrguens que s'exclouen i altres que s'atrauen necessàriament, en la construcció de les naus submarines ens limitarem a l'estricta observança d'algunes de les lleis que han presidit a la formació dels peixos. D'ells pendrem la forma general, la veixiga natatòria o de pressió, les aletes en els costats i el propulsor en la cua.

Guiant-nos per aquestes mateixes lleis que combinen els òrguens dels animals, no aplicarem el sistema de respiració aquàtica, car si bé la nau submarina sota molts aspectes és un peix, pel que es refereix a la respiració és un mamífer i, per tant, fa un consum d'oxigen molt superior al que faria un peix d'igual grandària.

La respiració aquàtica va ésser per mi, durant molt temps, objecte de constants estudis: vaig intentar per mants procediments substituir les brànquies del peix, gràcies a les quals extren de l'aigua l'aire que hi ha dissolt, apropiant-se l'oxigen per a la respiració, i l'azot per a omplenar la seva veixiga natatòria. Però després he reconegut que aquests estudis i projectes són inútils, per no ésser aplicables, degut a haver partit que la nau submarina havia de ésser un peix artificial, semblant en totes les seves parts al de la Naturalesa. Aquesta ha distribuït els animals sobre la terra segons llur organització i dins la mar assenyala al peix una zona molt limitada en sentit vertical; línia que no pot passar, perquè la composició de l'aire i la pressió s'hi oposen; mentre que la nau submarina pot ésser més resistent i troba aventatges més grans en generar oxigen en ses entranyes que en extraure'l de l'aigua, on, a grans profunditats, s'adquiriria sobrecarregat d'àcid carbònic.

Aquestes consideracions generals m'han servit de base per a fixar els principis a què s'han de subjectar les embarcacions submarines.

La paraula *Ictíneo*, com ho demostren les arrels gregues de què està composta, val tant com *peix-nau*; és un vaixell en forma de peix, resistent, impermeable, hermèticament tancat, contenint òrguens de purificació de l'aire i producció d'oxigen; de locomoció, submersió, virada i presa; de visió i il·luminació del camp exterior, i màquina de vapor. El seu objecte és navegar per dessota l'aigua fins a una profunditat que la pressió no impedeixi. Ha de tenir mitjans propis, independents de tot auxili exterior, per a romandre entre dues aigües,

a la distància vertical que exigeixin les operacions que s'intentin.

Un ictini es compon de dos vaixells: un d'exterior, que té la forma del peix, i altre interior, que pot ésser cilíndric. L'espai que resta entre un i altre, en els costats i en la part superior, està destinat a contenir els òrguens que han d'obrar exteriorment, els condensadors tubulars de la màquina de vapor, el llast, les carboneres o dipòsits de petroli i els canons i torpedes dels ictinis de guerra: els buits no ocupats per aquests òrguens s'omplenen d'aigua quan s'intenta la submersió, aigua que s'expulsa quan, estant a la superfície, es vol posar l'ictini en les condicions de vaixell flotant.

La capacitat de la cambra interior ha d'ésser proporcional a la profunditat on hagi de treballar un ictini; quant major sigui aquesta, més potent ha d'ésser el motor i, per consegüent, exigeix major espai per a la seva instal·lació. Tenint en compte que els volums dels cilindres creixen com els quadrats de llurs radis, es comprendrà que les cambres atenyin després grans espais per a contenir grans motors.

Com que la llum natural va disminuint a mesura que augmenta la profunditat, és necessària l'aplicació de fars amb llum potent en diversos punts dels ictinis. Si es fa ús de la oxi-hídrica, els gasos no s'han de barrejar més que en el moment de la combustió, per tal d'evitar les explosions. Aquesta llum, des del seu descobriment, ha millorat sota dos aspectes: 1.<sup>a</sup>, substituïnt la calç pel zircon en el raig incandescent, i 2.<sup>a</sup>, cremant sota una forta pressió. Segons Sainte-Claire Deville, a l'ordinària, sols crema la meitat de l'hidrogen, degut a les relacions que existeixen entre la tensió de dissociació de l'aigua amb la temperatura i la pressió; per tant, a mesura que aquesta darrera augmenti, creixeran les proporcions de la matèria combinada (el vapor d'aigua) i, per consegüent, la brillantor de la llum.

Disposant l'ictini d'òrguens de locomoció per a avançar i recular, podent virar sobre el seu eix vertical i decantar-se vers la proa o la popa, li calia, per completar la semblança dels seus moviments amb els del peix, disposar com ell d'una veixiga natatòria, a fi de dirigir-se cap amunt o cap avall o d'estar equilibrat amb l'aigua que desallotja quan navega submergit per l'horitzontal o vol romandre parat entre dues aigües.

Aquest orgue en el peix té una importància fonamental; sense ell, no es podria moure més que desplegant una força que no consent el seu aparell respiratori i que hauria d'ésser prodigiosa com la dels mamífers, com la ballena, el delfí i altres en els quals veiem convertida la veixiga natatòria en pulmons. Els peixos que sols gaudeixen d'una respiració incompleta, que per mitjà de llurs brànquies retenen l'aire dissolt en l'aigua, disposen d'una força muscular petita i sols suficient per a alterar la seva densitat, mitjançant la qual es posen en equilibri amb l'aigua o es fan més pesats o més lleugers que ella.

Així com els animals en estat de repòs amagatzemen forces que despleguen després per a llurs necessitats, també han de tenir-les a punt els ictinis per a aplicar-les immediatament quan els sotgi algun perill. Per als peixos el perill és a la superfície de l'aigua, on la llum els fa visibles a llurs enemics i l'agitació dels temporals pot arrossegar-los a l'arena o a les roques; així és que tenen facilitat per a buidar llur veixiga natatòria i dirigir-se rabents al fons obscur i tranquil de la mar. Per als ictinis el perill és abaix: així és que la força amagatzemada deurà consistir en mitjans ràpids i eficaços per a fugir del fons i atènyer l'atmosfera. Un d'aquests consisteix en les veixigues de pressió o natatòries.

Aquestes veixigues estan formades per dos cilindres que es comuniquen entre ells, un dels quals conté gasos comprimits a moltes atmosferes i l'altra aigua que pot sortir per l'acció d'aquests gasos alleugerint el pes de l'ictini.

Aquest es submergeix admetent aigua en el seu interior i puja expel·lint-la mitjançant les veixigues de pressió, que estan servides per un joc de bombes de petit diàmetre, que comprimeixen l'aigua com en la premsa hidràulica. Així és que deixant entrar aigua i obligant-la a sortir s'aconsegueixen avenços suaus o precipitats cap avall o cap amunt, els quals, combinats amb els de marxa, retrocés i virada vers un i altre costat, donen a l'ictini les aparences del peix i l'aptitud per a les operacions submarines.

Si per un accident es perdessin els gasos comprimits i l'ictini no pogués pujar per aquest mitjà, es deixen anar els llastos esfèrics que pesen una quantitat igual a la que pesaria el volum de l'aigua de les veixigues de pressió.

Si per una avaria entrés aigua en la cambra i no bastessin ni les

veixgues de pressió ni els llastos esfèrics per a arribar a la superfície, s'han de deixar anar els d'apurament, que representen la  $\frac{1}{30}$  part del pes de l'aigua que desplaça la cambra interior.

Els ictinis han de poder resistir una pressió sis vegades superior a la indicada per la profunditat a què tinguin de treballar: les fórmules de la seva resistència estan desenrotllades en la *Segona Part*.

En l'interior d'aquestes cambres els «dispar», articulacions, aixetes, bombes, purificadors, etc., hauran de dependre d'una maquinària senzilla, sòlida i de fàcil maneig; de guisa que els tripulants, a les fosques i tot, puguin obeir amb rapidesa la veu del que dirigeixi. Així no seran mai un perill les escabrositats del fons, fangs i boccos de vegetals on els ictinis podrien quedar embullats, ni tampoc serà de tèmper el descendir a llocs propers als acantilaments profunds.

Suposem que sense aquestes precaucions hi hagi necessitat d'esmerçar alguns minuts per a determinar en un ictini el moviment d'ascensió; si aquest vaixell s'ha construït amb el propòsit de navegar a cent metres de profunditat i des d'aquesta ha començat a descendir per una línia vertical de 600 metres, anirà a parar al fons, del qual no podrà sortir més que llençant els llastos esfèrics i potser els d'apurament.

Per als moviments de descens, els exploradors submarins tindran en compte:

- 1.<sup>er</sup> Que la densitat dels ictinis augmenta a mesura que és major la pressió per la qual la cambra es contrau;
- 2.<sup>on</sup> Que determinat en un greu el moviment de descens vertical, aquest creix fins que la resistència de l'aigua el fa uniforme;
- 3.<sup>er</sup> Que tot arbre de comunicació a l'exterior és sol·licitat cap a dintre per la pressió, la qual refueix sobre els aguants i dificulta la trasllació de moviment.

De la màquina de vapor me n'ocuparé en les explicacions que sobre els motors en general donaré en el capítol V.

L'aplicació del vapor a la navegació submarina, equival a haver donat pulmons al peix artificial. Ja no es distingirà l'ictini pel seu caminar pausat, però segur, que el caracteritzava; des d'ara podrà seguir i àdhuc atènyer els vaixells de vela i de rodes i competir amb els cetacis, com la ballena i el dofí, dels quals ha pres el sistema de

respiració complet, gràcies al qual pot desplegar la velocitat que li és pròpia.

Si aquest darrer treball, que tan profundament ha modificat la nau submarina, ha estat tan llarg i fatigós que ha anihilat l'empresa almenys deixa acabada l'obra iniciada per Bushnell i Fulton i que altre més fort i més empenedor que jo podrà portar al compliment del seu destí.

## IV

## DE L'AIRE I LA RESPIRACIÓ

En el capítol precedent vaig fer la descripció de les parts principals que componen un ictini, per les què es podrà formar concepte de les dificultats que s'han tingut de vèncer per a arribar a la síntesi d'un aparell tan complicat i que porta en si la força reclamada per les necessitats de la navegació submarina. Però les combinacions d'ordre purament mecànic no són pas tan transcendents que no admetin els tres períodes per què passen les obres humanes: d'assaig, desenrotllament i perfecció. Per greus que siguin, no obstant, els obstacles inherents a la resolució dels problemes mecànics, mai no podran comparar-se als que ofereix el sosteniment indefinit de la vida en una cambra hermèticament tancada; car si els mitjans no són d'una perfecció equivalent als de la Naturalesa, l'existència dels homes estarà compromesa.

D'això prové sens dubte que fins ara siguin tan escasses les temptatives per a ensenyorir-se d'un element que exigeix una cambra comparable a l'organització del peix, si ens referim al líquid que ha de travessar, i a un món diminut respecte a l'home la vida del qual ha de sostenir.

¿Bastarà, per a la lliure i perfecta respiració, produir oxigen, absorbir àcid carbònic, destruir els miasmes i condensar l'aigua que produïm? L'estudi de l'atmosfera terrestre i de les funcions dels organismes que l'afecten és indispensable per a mantenir l'aire de les cambres en el mateix estat que el subministra la Naturalesa.

A la vida li cal el contacte continu de l'aire atmosfèric, sense el

qual les plantes i els animals es moren. Tot ço que viu respira. La vida es desenrotlla en el si de l'aigua a favor de l'aire que en ella hi ha dissolt, i àdhuc es manté en la profunditat de les coves on no ha penetrat mai la llum solar i on els animals que les habiten han perdut la facultat de veure. Es sosté l'organisme dels peixos en els dipòsits líquids subterranis dels arenals de l'Àfrica, on la sonda artesiana arrenca broils d'aigua que arrossequen peixos desproveïts d'ulls com els de les coves. D'aquests i altres fets es dedueix que l'acció directa dels raigs solars no és immediatament necessària per als organismes de certs animals; però no així l'acció atmosfèrica que anem a exposar.

Tots els fets de respiració de vegetals i animals interessen en extrem a la navegació submarina, a les cambres dels ictinis, l'objecte principal de les quals és el manteniment de la vida en les condicions que la salut exigeix i on és indispensable que juguin agents artificials, que amb l'acció llur substitueixin en totes les seves parts les forces naturals. Aquesta substitució ha d'ésser tan perfecta com sigui possible, i més endavant caldrà que estudiem i sapiguem com obra la Naturalesa en els raigs solars, en l'atmosfera, en el sol, en l'aigua, en les cel·les orgàniques, en les arrels, tiges, fulles, flors i fruits; en la germinació i desenrotllament de les llavors, de l'ou, de l'animal, de la planta, i en la reducció i combustió dels quatre elements orgànics que constitueixen la vida tal com la coneixem. I si bé és veritat que actualment desconeixem com i de quina manera la Naturalesa obra en cadascuna d'aquestes operacions, essent-nos impossible, per tant, fer una síntesi completa; no obstant, els estudis fets són ja suficients per a guiar el naturalista en la d'una naturalesa artificial, com la reclamada per las cambres dels ictinis, vertader embrió del petit món, que ha de travessar mitjans impropis per a sostenir la vida de l'home.

La vida es manté sobre la superfície de la terra gràcies a la força solar; la vida consisteix en un canvi mutu de productes entre el regne vegetal i el regne animal, el qual té lloc per mitjà de l'aire i a favor de la llum i la calor solars; i la constitueixen dos aparells: un de combustió i altre de reducció, els quals, descansant en el sòl, ocupen un gran espai en l'atmosfera.

L'aparell de reducció és el regne vegetal, que s'apodera del carboni de l'àcid carbònic, de l'hidrogen de l'aigua i de l'azot de l'amoniac

per a deixar lliure en l'atmosfera l'oxigen. D'aquesta reducció viu l'animal, el qual s'alimenta dels productes reduïts de les plantes i se'ls assimila, ço és: d'ells compon la seva carn, els seus ossos i la seva sang; i per fer aquest treball d'assimilació necessita, ultra l'oxigen que ha deixat lliure la planta en l'ambient per a cremar el carboni, l'hidrogen i l'azot que com a aliment li han subministrat les plantes. El regne animal constitueix l'aparell de combustió i retorna a l'atmosfera les substàncies de què es torna a apoderar el regne vegetal.

L'atmosfera és el receptacle de totes les emanacions terrestres; els corrents generals que vénen dels pols per les regions elevades, i els locals, mesclen i confonen totes les emanacions fins al punt que l'aire, per tot arreu, en la superfície i en les elevacions de 7.000 metres, presenta igual composició. En efecte: el que Gay-Lussac va portar d'aquesta altura contenia la mateixa proporció d'elements que l'aire de les regions baixes. No obstant, prop de les grans poblacions i dels volcans en activitat, i àdhuc en els prats i els boscos, durant la nit abunda un poc més l'àcid carbònic.

La composició de l'aire és de 79'20 per 100 d'azot i de 20'80 per 100 d'oxigen en volum i pes, de 77 el primer i 23 el segon, contenint, a més, 4 o 5 deumil·lèsimes d'àcid carbònic, de 6 a 9 mil·lèsimes de vapor d'aigua i amoníac en petita quantitat i àdhuc en estat de nitrit o nitrat.

Els elements constitutius de la vida es troben, doncs, en l'atmosfera: hidrogen, carboni, azot, oxigen; hi estan en forma d'aigua, àcid carbònic i òxid d'amoní; formen part del mateix aire que embolcalla el globus, i fins a cert punt pot dir-se que les plantes són la mateixa atmosfera manifestant-se en forma de vida. Aquests elements, constituïts en vegetals, han de tornar a l'atmosfera d'on han sortit; però abans han d'exercir funcions d'un ordre superior, realitzant la vida dels éssers que emeten calor, que tenen moviments espontanis i gaudeixen de sensibilitat; la vida plena, exuberant, que s'exhibeix per l'instint, el pensament, la consciència del propi raocini i l'aspiració constant al domini de l'inconegut.

Per a aquestes funcions d'un ordre tan elevat, la vida que es desenrotllava per mitjà de les parts blanques, exteriors, per la crosta i superfície de les fulles, es replega en si mateixa, esdevé interior,

forma agrupacions més delicades i més perfectes, espais mi- en els crosòpics de les quals s'acompleix una combustió lenta, contínua, mitjançant l'oxigen dissolt en la sang i que la respiració ha pres de l'atmosfera.

*Respiració animal.* — En les relacions del regne animal amb l'aire no m'ocuparé de la pressió d'aquest fluid sobre la perifèria dels òrguens interiors i exteriors, encara que son estudi sigui interessant a l'art de bussejar. En els ictinis es podrà mantenir una pressió interior que no excedirà de cinc centímetres a la inicial de la columna baromètrica, i aquest excés no dificulta pas la circulació de la sang i, per consegüent, no pot pas ocasionar les congestions que comprometen sovint l'existència dels bussesos.

La respiració animal consisteix en un canvi de gasos que s'acompleix a través de certes membranes que faciliten la dissolució d'un gas en els organismes mentre té lloc l'excreció d'altre o altres. Gràcies a aquest canvi la sang dels animals s'apodera de l'oxigen de l'aire que l'esmerça en cremar carboni, hidrogen i azot; així es genera la calor i l'electricitat, no solament necessaris a l'assimilació dels productes de l'acte digestiu, sinó indispensables també a les restants funcions de tots els òrguens.

En el segle XVII — remarquen Fremy i Pelouze, — R. Boyle ja opinava que l'objecte de la respiració és purificar la sang; després va aparèixer Mayow, que va comparar la respiració a una combustió, i diu: «que gràcies a ella i a l'aire la sang venosa passa a ésser sang arterial». A les darreries del segle passat, Lavoisier va establir els següents principis: «1.<sup>or</sup>, l'aire introduït en els pulmons crema una part del carboni de la sang, per a fer àcid carbònic; 2.<sup>or</sup>, no solament hi ha una combustió de carboni, sinó també d'hidrogen i una formació d'aigua; 3.<sup>or</sup>, la proporció d'azot continguda en l'aire, no varia sensiblement en l'acte de la respiració; 4.<sup>or</sup>, el consum d'oxigen i la producció d'àcid carbònic varien en un mateix individu; la quantitat d'àcid carbònic és major durant la digestió i augmenta també en l'estat de moviment i d'agitació.»

«És un axioma que on hi ha sang que circula hi ha pulmons o, brànquies que respiren. Tots els animals de respiració circumscrita tenen necessàriament un líquid que circula; i els insectes, que es dis-

tingeixen per tenir-la general, en la pell no hi tenen circulació, i com que la sang no va a cercar l'aire per mitjà dels pulmons, l'aire la cerca a través de la pell que cobreix els insectes. Per això es veu que hi ha òrguens que s'apellen els uns als altres i n'hi ha que s'exclouen; i que així com els locomòbils depenen dels digestius, els destinats a la circulació estan subjectes als respiratoris per la mateixa llei de l'existència dels éssers.» Aquests principis, que trec de la *Historia dels treballs de Cuvier*, per Flourens, els completa el mateix autor de la faïso que segueix: «Demés, la força dels animals pot amidar-se amb un aparell respiratori; així veiem en les aus un sistema de respiració doble; els mamífers el tenen senzill; els peixos incomplet, per la poca quantitat d'aire que troben en el mitjà on respiren. Les primeres estan dotades d'una força muscular astoradora; mitjana els segons, i petita els peixos, els quals tenen *ajut* en el mateix medi on viuen. La força dels peixos correspon a la dels rèptils, que malgrat estar dotats d'un sistema complet d'òrguens respiratoris, s'assemblen als peixos en força, per no disposar d'un sistema de circulació perfect: ço que manca d'aire als peixos, manca de circulació als rèptils.» (1)

D'aquests principis hem de deduir una conseqüència que interessa al nostre *Art*: si els animals que desenrotllen més força muscular posseeixen un sistema de respiració més perfect i, per tant, consumeixen més oxigen, de faïso que podem establir que la combustió correspon a la força, és clar que si aquest principi és vertader d'una manera general, ho serà en els casos particulars, i així podrem establir que l'oxigen consumit correspon a la força desenrotllada, el mateix en les espècies que en els individus i en les màquines de vapor.

Així, doncs, quant major sigui la suma de treball acomplit, més gran serà la despesa d'oxigen, i la tripulació d'un ictini en consumirà més treballant que no en estat de repòs; dada aquesta que s'ha de tenir en compte en navegació submarina.

Per no haver reflexionat prou sobre aquests principis, i atenint-me als experiments propis i estranys, hem sofert en les proves submarines veritable falta d'oxigen, que jo atribuïa a la mala qualitat dels materials que usàvem, però que consistia en el major consum que fèiem

(1) *Histoire des travaux de Georges Cuvier*, par P. Flourens, Paris, Garnier frères, 1858.

d'aquest gas vital, a conseqüència del pesat treball que acomplim.

Tots els animals influeixen poderosament en l'atmosfera. Anem a veure, amb relació a una quantitat determinada d'aigua, la influència que exerceix la respiració.

Un home, si està sa, segons Dumas, espira un aire que conté de 3 a 5 per 100 d'àcid carbònic, 3 com a mínimum i 5 com a màximum; en l'home malalt la proporció baixa a 1 o puja fins a 8 per 100. Un adult introdueix en els seus pulmons  $\frac{1}{3}$  de litre d'aire poc més o menys i en fa 16 per minut. L'aire espirat conté de 4 a 5 per 100 de àcid carbònic i ha perdut de 4 a 6 cent d'oxigen.

Els nombres següents representen la quantitat de carboni contingut en l'àcid carbònic exhalat durant una hora pels pulmons de l'home en diferents edats.

Un nen de 8 anys crema en una hora 5 grams de carboni, i aquest nombre s'eleva per graus intermedis fins a 8,7 g. en un jove de 15 anys.

Des dels 15 anys la quantitat de carboni cremat augmenta així: als 16 anys, 10,8 g. de consum en una hora, elevant-se aquesta quantitat a 11,4 g. des dels 18 als 20 anys, i a 12,2 g. entre els 20 i els 30 anys, restant a poca diferència en la mateixa quantitat dels 30 als 40 anys.

De 40 a 60 l'àcid carbònic exhalat en una hora no està representat més que per 0,1 g.; de 60 a 80 apareix solament 6,2 g., i en un vell de 102 anys no va ésser més que de 5,9 g.

El màximum d'exhalació d'àcid carbònic l'hem trobat en un jove de 26 anys d'una constitució atlètica, que en dos experiments consecutius ha cremat cada vegada 14,1 g. de carboni. En un home de 60 anys i d'una constitució tan forta com el precedent, la quantitat d'àcid carbònic exhalada en una hora, es trobava representada per 13,6 g. de carboni.

Per fi, un vell que als 92 anys conservava una energia remarcable i que en la seva joventut havia tingut una força poc comuna, va oferir uns 9 grams de carboni cremat per hora (1).

En aquests experiments s'ha computat en carboni l'hidrogen

(1) *Ensayo de Estadística química*, per MM. Dumas i Boussingault, traduït per D. Ramon Torres Muñoz. — Madrid, 1846.

cremat; però en la navegació submarina interessa saber la quantitat ben aproximada d'acid carbònic exhalada pels pulmons de l'home. Dumas representa l'hidrogen en una quantitat almenys triple de carboni i diu que l'home crema 1,25 g. d'hidrogen per hora. Per tant, ja que els experiments d'Andral i Gavarret, referits a l'edat de 30 a 40 anys, estableixen que l'home crema 12,2 g. de carboni, hem de descompondre aquesta quantitat en 8,45 g. de carboni i 1,25 g. d'hidrogen; les quals donen 30'98 per hora en acid carbònic, el volum del qual en litres és de 15'646 i en vapors d'aigua de 11,25 g., el volum dels quals és de 19'125 litres. Tenim, doncs, que un home de 30 a 40 anys, sense exercir cap força, sense altra despesa que les funcions de la vida, exhala per hora i pels pulmons 42 g. de matèria viciadora de la atmosfera. Demés, segons Lecanu, produeix per hora 33 g. d'urea, que conté 0'625 grams d'azot; i excreta per la mateixa respiració una matèria animal particular que entra fàcilment en putrefacció i que s'assembla a l'albúmina impura, i de la qual ens ocuparem.

El consum, doncs, d'oxigen per hora és:

	<u>Grams</u>
Esmerçat en cremar carboni,.....	22'53
»           »           hidrogen .....	10'00
El contingut en la urea.....	0'17
Total.....	32'70

O sigui, en volum, 23 litres d'oxigen gastats per hora.

Els meus experiments donen per resultat una quantitat superior a aquesta: la de 28 litres per hora i per individu, sense fer cap mena de treball; però és molt probable que el consum d'oxigen dins un ictini aparegui major per l'oxidació de les peces de ferro, la superfície de les quals és molt considerab'e.

Ara bé: segons les observacions de Boussingault (1), un metre de superfície verda dels dos llims de les fulles exposat al sol produeix en dotze hores 6 litres  $\frac{1}{3}$  d'oxigen. Per tant, un home consumeix en una hora l'oxigen que en igual temps produeixen 44 m. de superfície verda. Aquest treball, degut a la llum solar i traduït en calor, repre-

(1) Vegeu en la segona part, *Complements a la respiració*.

senta de 50 a 60 calories, si l'oxigen hagués d'obtenir-se de la descomposició de l'aigua a favor de la temperatura de dissociació; i si aquest treball hagués d'acomplir-lo l'home que consumeix l'oxigen, no li bastaria el temps d'una hora. Això prova que l'animal, ni per les funcions de la respiració, es basta a si mateix: si hagués de viure de la seva força esmerçada en produir oxigen, la seva existència restaria en breu termini extingida.

Acabem d'exposar les funcions dels regnes vegetal i animal, i aquestes darrereres amb relació a l'home; sabem positivament que els animals cremen carboni, hidrogen i azot, i que els vegetals els redueixen; que un i altre regne es completen; que la unió mútua es fa per mitjà de l'atmosfera; que en aquest grandios laboratori no es realitzen més que dues funcions: cremar i reduir; que sols aquesta darrera absorbeix força, i que aquesta surt del sol.

La vida, doncs, està compresa entre dos fets: una combinació de carboni, hidrogen i azot que absorbeixen llum i calòric, i una veritable destrucció d'aquests dos compostos, emetent la calor absorbida i transformant la llum en electricitat.

¿La força solar impalpable, imponderable, absorbida per la planta, apareix potser en l'animal en fenòmens de sensibilitat i pensament? Aquesta és l'opinió de Lavoisier, que tan eloqüentment confirma Dumas en la seva *Estàtica química dels éssers organitzats*, dient:

«Si la sensibilitat i el sentiment, si les facultats més nobles de l'ànima i de la intel·ligència necessiten una coberta material per a manifestar-se, les plantes són les que estan encarregades de teixir la trama amb els elements que prenen de l'aire sota la influència de la llum, que el sol, origen inextingible d'ella, escampa constantment i a torrentades damunt la superfície del globus.»

He dit ja que per a produir oxigen cal, o acció solar, o calor artificial, o força mecànica, o una altra qualsevol; i com que en cambres hermèticament tancades no pot disposar-se de la llum solar, ni del magnetisme terrestre, ni, per ara, de cap força natural, no resta altre recurs, per a les necessitats de la respiració, que treure'l dels cossos oxigenats poc estables.

Per altra part, les funcions que exerceixen les plantes damunt

l'atmosfera, són superiors als mitjans químics que posseeix la ciència. Fins ara no s'ha trobat cap procediment per a descompondre a la temperatura ordinària l'àcid carbònic; si això s'aconseguís, podríem aprofitar-nos del carboni com a combustible, i potser com a matèria digerible, i de l'oxigen com a element de respiració. Passo, doncs, a ocupar-me de la respiració.

*Respiració en cambres tancades.* — A fi de provar els efectes de la respiració continua en una mateixa quantitat d'aire, he tancat ocells en un volum d'aire cinquanta vegades més gran que el del seu cos, i veu's aquí els símptomes que he notat i que he descrit en altre lloc: (1)

Si hom tanca hermèticament un ocell en una campana de cristall, l'aire interior de la qual estigui en comunicació amb un aparell, tancat també hermèticament, però capaç de determinar un corrent d'aire, pres de l'interior de la campana i retornat a ella, un cop purificat, l'ocell viurà, menjarà i no denotarà per cap senyal de malestar que el seu estat no sigui el normal; mes si l'aparell deixa de funcionar veu's aquí el que advé:

A la primera hora, la condensació dels vapors d'aigua en les parets del cristall es pronuncia en petites gotes que van augmentant de grandària.

A 1 h. 30 m. L'ocell respira amb el bec un poc obert.

A 1 h. 40 m. La respiració és sensiblement apressada i el bec més obert, amb agitació.

A 1 h. 44 m. L'agitació augmenta, l'anhel és gran i el bec molt obert.

A 1 h. 48 m. L'anhel és tan gran, la respiració tan apressada i el malestar tan palès, que no es pot pas dubtar que l'asfíxia està determinada.

A 1 h. 51 m. L'ocell no pot sostenir-se; el seu cos oscil·la. En aquest estat, si l'experiència es prolonga sense que es faci intervenir el purificador, l'ocell mor; però si des d'aquest moment obra el purificador durant alguns minuts, no es nota millora, mes après aquesta és sensible.

(1) *Memoria sobre la navegació submarina.* Barcelona, 1860.

A les 2 h. Segueix l'anhel, però no pas tan vehement.

A les 2 h. 15 m. L'ocell respira amb la boca quasi tancada.

A les 2 h. 20 m. Ha desaparegut tot l'anhel; però l'ocell està entorpit i no dona senyals de reparar els moviments ni del soroll que es faci a son entorn.

A les 2 h. 25 m. El seu estat és el normal, i si s'obre la campana, l'ocell es posa a volar.

En la navegació submarina és indispensable saber el temps que un home pot respirar dins una mateixa quantitat d'aire sense perill per a la salut; car els òrguens destinats a la purificació constant en els ictinis, són susceptibles, com tots els aparells mecànics, de desarranjaments i entorpiments; i en aquests casos el sosteniment de la respiració estaria confiat a la quantitat d'aire que hi hagués en la cambra; demés, de vegades pot ésser necessari prolongar la permanència dels exploradors en l'ictini, quan ja haguessin acabat tots els mitjans de purificació i de generar oxigen, per causes que depenen exclusivament de l'estat de la mar.

Abans de passar als experiments que amb aquest objecte he realitzat, crec avinent donar compte de ço que diu M. Leblanc sobre la respiració en atmosferes *confinades*, que trobo en els tractats de química:

1.<sup>er</sup> Sense negar que diverses causes concorren a fer insalubre una atmosfera limitada, cal reconèixer com un fet d'experiència que la proporció d'àcid carbònic en llocs habitats i tancats creix amb el grau d'insalubritat. Quan arriba a 1 per 100, no pot prolongar-se l'estada d'aquells homes en tals llocs, sense sentir malestar; aquesta dosi d'àcid carbònic ha d'influir sensiblement en l'organisme, sobretot si la seva acció es prolonga durant algun temps.

2.<sup>on</sup> Els experiments de Mr. Péclet estableixen que la quantitat d'aire per hora que ha de gaudir un home, és almenys de sis metres cúbics, si es vol que la seva respiració estigui en les condicions acostumades. Sis metres cúbics és precisament el volum d'aire necessari per tal de mantenir en estat de vapor la totalitat d'aigua produïda per la transpiració pulmonar i cutània durant una hora.

3.<sup>er</sup> En una atmosfera que contingui de cinc a sis per cent d'àcid carbònic, la flama d'una espelma s'extingeix; la vida pot continuar, però la respiració és penosa, i els animals de sang calenta revelen un profund malestar.

4.<sup>ta</sup> Sobrevénen accidents quan ha desaparegut la proporció de *quatre* per cent d'oxigen i ha estat reemplaçada per àcid carbònic o azot. En les galeries de les mines on l'oxigen és absorbit pels sulfurs metàl·lics en descomposició, l'aire és immediatament asfixiable quan l'oxigen baixa a quinze per cent.

5.<sup>ta</sup> S'ha de considerar com a nociva una atmosfera on l'àcid carbònic estigui representat en *quatre* per cent, que és l'estat en què l'aire surt dels nostres pulmons; l'experiència ensenya que la respiració en aquestes circumstàncies no és normal, i el raonament ens indueix a creure que els nostres òrguens poden sentir la influència d'una proporció d'àcid carbònic inferior a *un centim*.

Veu's aquí ara el resultat dels meus experiments de respiració sense generar oxigen ni absorbir l'àcid carbònic produït. Per a aquesta mena d'investigacions cal adoptar, respecte als companys amb els quals hom es tanca, totes aquelles mides de prudència que exigeixen les condicions del caràcter de cada un, a fi que la imaginació dels que estan tancats no s'exalti, creant-se dolors, neguits i malestans il·lusoris: jo he fet en aquest sentit tot ço que la prudència m'ha suggerit i ordinàriament he triomfat dels genis aprensius.

Aquests experiments els he fet en 1858, abans de llençar a l'aigua el primer ictini, i els he continuat després en 1859 i 1860. Adés s'han realitzat en la superfície de la mar, adés en el fons i àdhuc navegant: hom romangué tancats sense donar oxigen i sense absorbir l'àcid carbònic que exhalem, essent els individus en nombre de *tres* a *sis* i no disposant més que de *set* metres cúbics d'aire i encara no complets; aquesta era la capacitat del primer ictini. Segons Péclet, només teníem aire per una hora i per individu.

No obstant, en algunes d'aquestes proves érem *sis* persones de vint-i-cinc a quaranta anys i en aquests casos l'aire corresponia a 1'166 metres cúbics per persona. Ens submergiem a set o vuit metres de profunditat, i si no fèiem altre treball que el de pujar i baixar, ço que s'aconseguia per la força d'un sol home, podíem romandre dins l'ictini dues hores i mitja. Veu's aquí el que passava aleshores en la cambra:

En la primera hora, el termòmetre marcava 29° sobre la temperatura inicial i no sentíem cap símptoma que indiqués variació en l'aire; però aquest estava completament saturat de vapor d'aigua,

el qual exercia una pressió que el baròmetre indicava per 10 a 12 mil·límetres sobre la inicial (1).

El màxim de pressió baromètrica varia entre els 30 minuts d'estar tancats i 1 h. i 37, segons el nombre d'individus que conté la cambra; si és de 3 a 4, abans dels 60 minuts, i si és de 5 a 6 assoleix la major pressió entre els 60 i 90 minuts.

Si la pressió depengués exclusivament de la temperatura, creixeria amb ella; i no és així, puix quan són quatre persones, la major pressió correspon a un augment de 2°5 de calor, i, no obstant, atenyirà 5° a les dues hores d'estar tancats: depèn sobretot dels vapors d'aigua, de què s'està saturant l'atmosfera dels ictinis, fins a aquell punt que llur condensació en les parets i maquinària de la mateixa cambra ve a equilibrar-se amb els productes per la transpiració pulmonar i cutània dels tripulants. D'ençà que s'estableix aquest equilibri, durant alguns minuts, no hi ha alteració baromètrica; però aprés va baixant d'alguns mil·límetres, per a quedar altre cop estacionària. En un altre període, però, hi ha oscil·lacions.

Després de la primera hora, essent sis les persones i una espelma encesa, la flama d'aquesta, de blanca que és al començament, esdevé roja i disminueix en diàmetre i altura. Si hom frega fòsfors, s'encenen; però la cerilla no s'encén. Si l'espelma es trasllada d'un lloc a l'altre, s'ha de fer suaument, o del contrari s'apaga; i la flama mor, per fi, per falta d'oxigen, als 75 minuts de tancament.

A les dues hores comencàvem a sentir alguna dificultat en la respiració i algun símptoma d'asfíxia, i la temperatura atenyia el màxim, que és de 5° sobre la inicial.

A les 2 h. 30 l'anhel era notable; havíem de respirar amb la boca mig oberta i sentíem una vertadera falta d'aire, com si estiuguéssim fent un treball pesat, i, per consegüent, la respiració era apressada, fins a donar 24 respiracions per minut. El dolor en els polsos, que a les 2 hores encara podia passar desapercebut, augmen-

(1) En els casos que, en aquestes circumstàncies; s'ha obert l'escotilla, feia ja una explosió sorda, es formava en la cambra una veritable boira a través de la qual la llum solar apareixia roja, i els raigs immediats arran de l'escotilla de ferro eren irisats de carmesí i blau; la detonació llençava a dos metres de distància una pluja molt menuda que impressionava els rostres de les persones que la rebien.

tava per graus i començàvem a sentir una debilitat un poc vaga i confonible amb la falta d'aliment.

En arribar a aquest estat, cessàvem en la prova, però encara ens quedava prou força i delit per a impulsar la gran bomba d'aire i posar l'ictini completament en surada.

En sortir se'ns ha advertit mantes vegades que la color del rostre era un poc lívida. Nosaltres sentíem el benestar que dona la possessió i el goig de l'ambient lliure; però el dolor en els polsos es prolongava fins a sis hores després, i a mesura que desapareixia s'anava replegant en el front; no essent, però, prou fort per a impedir-nos l'acompliment de les nostres ocupacions habituals.

D'aquestes proves es dedueix que un home pot viure per espai de dues hores i mitja en un volum d'aire vint vegades el de son cos, respirant sempre en la mateixa atmosfera que va sobrecarregant-se d'àcid carbònic i de vapors d'aigua, sense que la salut sofreixi alteració notable.

Al final dels assaigs de respiració de què acabo de donar compte, teníem una quantitat d'àcid carbònic, vapors d'aigua, i una falta d'oxigen, les valors dels quals vaig a aproximar en el possible.

Traient el compte pel que diuen Dumas, Andral i Gavarret, la quantitat de carboni que cada una de les sis persones tancades consumia per hora era de 8,45 g. i la d'hidrogen de 1,25 g. La despesa d'oxigen, com s'ha vist, era de 23 litres per hora i per persona.

Vejam, doncs, els elements de l'atmosfera de l'ictini en sortir d'una d'aquestes proves:

El carboni, a raó de 15'64 litres per individu i per hora, havia produït 234'70 litres d'àcid carbònic, els quals, relacionats als 7 metres cúbics, eren per cent.....	3'35
L'hidrogen va produir 169 grams d'aigua, que són 280 litres de vapors d'aigua, i per cent de l'aire total de l'ictini.	4'10
Els 23 litres d'oxigen per persona i per hora havien deixat l'aire de l'ictini en la proporció d'oxigen per cent....	15'78
L'azot, suposant-lo alterat en un augment de 2 per cent de de l'oxigen consumit .....	79'21
	<hr/>
	102'44

Per la sola constitució de l'atmosfera de l'ictini es veu que la pressió baromètrica s'havia d'alterar, puix si evaluem el volum de l'aire en cent, i essent ara 102'44, el baròmetre devia indicar 18 mm. de pressió. Si, a més, atenem als 5° d'augment en la temperatura, ja que per cada grau creix el volum 0'00367 centmil·lèsimes, la pressió en el baròmetre serà de 14 mm. i la total per ambdós conceptes de 32 mm.

Depenent, doncs, en primer lloc, dels vapors d'aigua, que produeix la combustió muscular, es comprendrà que hi hagi contínues variacions baromètriques de què ja he parlat, degudes a la condensació, que és més o menys activa segons l'estat de moviment o quietud de l'aire de l'ictini, a l'agitació del qual contribueixen els tripulants.

Aquests són els efectes que produeix la respiració continuada durant dues hores i mitja per 6 homes en 7,3 m. d'aire i estant en perfet repòs; però si es fa un treball pesat com el de navegar per dessota l'aigua, i no es restableix l'oxigen gastat, ni s'absorbeix l'àcid carbònic, cal escurçar el temps de la prova a fi d'evitar els accidents. Sempre que hem navegat en aquestes condicions, hem reduït a 5 el nombre de tripulants i el temps a 2 h. 20, alternant els períodes de treball amb els de repòs, essent de 12 minuts ordinàriament els primers i de 4 els segons; la qual cosa dona per resultat que si l'individu en estat de repòs gasta 100 d'oxigen, treballant gasta un excés equivalent a 15 per cent.

Malgrat la fatiga, en aquest darrer cas, el dolor als polsos era més suau i després s'esvala més aviat; la qual cosa sembla provar que el dolor depèn més immediatament del major temps que es respira en un aire impur, que de la quantitat d'àcid carbònic que conté.

Pel resum de les proves que acabo de fer es ve en coneixement de dues circumstàncies que semblen estar en contradicció amb dues afirmacions de M. Leblanc, abans esmentades. La primera fa referència a la insalubritat d'una atmosfera que conté 1 per 100 d'àcid carbònic; nosaltres hem respirat dins un aire que tenia, als 45 minuts d'estar tancats, dita porció d'àcid carbònic, i hem continuat durant set quarts d'hora respirant-lo fins a contenir 3'35 per 100 de dit gas. La segona consisteix en això, que no és immediatament asfixiable una atmosfera que tingui 16'80 per 100 d'oxigen i la seva falta de 4 per 100 estigui representada per altres 4 per 100 d'àcid carbònic

i vapors d'aigua. Moltes vegades hem respirat una atmosfera de pitjors condicions, sense haver sofert més que les lleugeríssimes alteracions en la nostra salut, de les quals he donat compte. De les proves descrites resulta que, gastant per individu a raó de 23 litres d'oxigen, a les dues hores teníem la proporció de 16'80 per 100, i, no obstant, encara hem pogut romandre 30 minuts més tancats i emprendre de seguida, sense obrir l'escotilla, el treball d'omplir d'aire les veixigues de flotació. Joestic satisfet d'haver esclarit aquest punt de fisiologia interessantíssim a *l'Art de navegar per dessota l'aigua*.

Sotmesos els exploradors submarins a un règim d'aire on l'àcid carbònic sigui constantment absorbit, els vapors d'aigua condensats i l'oxigen en la proporció deguda, no es sent cap malestar durant sis hores, transcorregudes les quals l'aire de l'ictini es troba en les mateixes condicions de l'ambient lliure, i d'això dedueixo que els exploradors podrien viure indefinidament incomunicats, sense sentir més incomoditat que la natural tristor que infon l'estar tancat en una cambra subaquàtica, on tot és ombrívol, encara que es navegui a flor d'aigua.

Des del moment que comença la submersió, s'ha de posar en marxa el ventilador que aspira l'aire de proa de l'ictini i el llença a popa, després d'haver passat per una dissolució alcalina; i encara que no sigui necessari, jo crec que és millor que marxi constantment i mentre duri la prova; car els òrguens de purificació són els que infonen més confiança i tranquil·litat als tripulants submarins.

Cada mitja hora s'ha de generar una quantitat d'oxigen equivalent a 16 litres per cada una de les persones tancades. L'oxigen generalment l'obting del clorat de potassa mesclat amb el peròxid de manganès, mitjançant la combustió del zinc o del ferro dolç. La manera de generar-lo està descrita en els *Compements a la respiració*.

El corrent de l'oxigen obtingut es dirigeix a la general del conducte aspirant del ventilador, a fi que es mescli perfectament amb l'aire i es purifiqui en passar per la dissolució alcalina, on deixarà l'àcid carbònic que la impuresa dels materials porta.

L'oxigen naixent està mancat de transparència, fins al punt d'impedir que la llum d'una espelma sigui visible a cinc metres de dis-

tància en una cambra de 29 metres de capacitat, on s'hi hagin generat tres cents litres d'oxigen; i aquesta falta d'oxigen subsisteix durant més d'una hora, la qual cosa era un gran inconvenient, tant per l'obscuritat que ocasionava, com per afectar la moral de la tripulació. Jo vaig jutjar que aquest defecte devia procedir d'un moviment molecular molt poderós que adquireix l'oxigen en separar-se del clor, i que aquest moviment es temperaria concentrant el mateix oxigen, per tal que cada una de les seves molècules trobés en les immediates moviments iguals, capaços, per tant, d'influir-se mútuament i arribar així a l'harmonia de la transparència. En efecte: produint l'oxigen en un recipient hermèticament tancat, on degui adquirir una tensió de dues atmosferes, i deixant-lo així comprimit només que cinc minuts, surt tan transparent i olorós com l'aire dels boscos.

En aquestes proves la pressió interior augmenta des del començament a la fi, a mesura que creix la temperatura, la qual cosa s'adiu amb la teoria.

No hi ha res més a observar ni a dir, sinó expressar la satisfacció que sentiem sabent que l'atmosfera que ens rodejava era constantment purificada i rebia un corrent d'aire vital que pocs moments abans estava en estat sòlid, i que la reacció del zinc polvoritzat i del peròxid de manganès havia produït prou calor per a arrancar-lo del clorat de potassa.

És indubtable, doncs, que amb productes gaseosos artificials, enc que provinguin directament del regne mineral, pot alimentar-se la respiració dels animals, com s'ha provat moltíssimes vegades en les cambres dels dos ictinjs. Ja Lavoisier havia dit que, mesclant els dos fluids elàstics que componen l'aire, obtinguts separadament, es forma un aire molt semblant a l'atmosfèric i que, quasi a un mateix grau, és propi per a la combustió, la calcinació i la respiració dels animals.

L'oxigen que hem respirat provenia del bicromat de potassa, del clorat de la mateixa base i del peròxid de manganès; en qualsevol dels tres casos la nostra respiració ha estat natural, com si ens trobéssim en plena atmosfera; i no hem observat, mentre hem estat tancats, ni després, cap símptoma, ni el més petit senyal ni vici en les nostres funcions. Aquests experiments tenen la seva impor-

tància, perquè l'oxigen que ens subministra la Natura es procedeix en la seva totalitat del regne vegetal; tot l'existent, en estat lliure, en l'atmosfera, ha estat eliminat de l'àcid carbònic i de l'aigua mitjançant l'acció combinada de les plantes i la llum; ha estat depositat en l'aire en estat d'ozon, i ja sabem que en aquest estat posseeix propietats eminentment actives. Ara bé quan l'ozon passa a l'estat neutre, ¿adquireix alguna nova propietat que el distingeixi de l'oxigen eliminat de substàncies inorgàniques i que el faci impropï per a la respiració? Els experiments que hem fet provenen que l'oxigen així obtingut és tan propi per a la vida respirativa, com el que posa en llibertat el regne vegetal.

En el primer ictini l'extrèiem del bicromat de potassa per mitjà de la calor i de l'àcid sulfúric, verificant-se aquesta operació fora de la cambra on el portàvem amagatzemat per a les proves.

En el segon, i abans de tenir motor submarí, el trèiem del clorat de potassa, dintre del mateix ictini, durant les submersions i a mesura de les necessitats de la respiració.

Darrerament, quan el motor ha estat instal·lat d'una manera definitiva en l'ictini, es desprèn de la mateixa combustió, la calor de la qual és la força que ha substituït la dels nostres braços: en aquest cas, en gran part, prové del peròxid de manganès.

De qualsevol d'aquestres tres procedències l'oxigen és respirable: en cap prova, repeteixo, hem trobat a faltar, sota aquest aspecte, el lliure ambient, encara que el temps s'hagi prolongat a més de vuit hores.

Ignoro, com ja he observat en altra ocasió, si en majors períodes de tancament en una atmosfera artificial podrien desenrotllar-se condicions que dificultessin la respiració; no obstant, qualsevol que siguin aquestes condicions, no em preocupen, car el terme de vuit hores és un període suficient per a les actuals necessitats de la navegació submarina, ja es refereixi a la indústria, a la guerra marítima i àdhuc a certes exploracions científiques.

Més endavant, quan l'ús de la cambra de l'ictini requereixi major coneixement de l'atmosfera, es veuran els inconvenients que potser pugui oferir el sostreure's l'home per llarg temps a l'acció dels agents naturals. La llum del sol, p. ex., és indispensable a tot ésser organitzat; però el mateix les plantes que els animals poden viure algun

temps privats dels seus raigs, i els mateixos animals, potser, d'una manera indefinida; ¿podran viure així mateix, i per temps també indefinit, sostrets als corrents de l'aire atmosfèric? ¿Quines qualitats adquireix en el seu perpetu moviment de l'equador als pols, dels mars a les terres, de les muntanyes a les valls, aromatzant-se amb els olors de la vegetació, humitejant-se o secant-se, i continuament penetrat per l'electricitat i el magnetisme, per la llum i la calor, i potser per altres forces de nosaltres desconegudes?

Aquestes darreres, que anomenem catalitiques i de l'existència de les quals tenim proves irrefragables, tant en l'ordre químic — per les reaccions suaus o violentes que provoquen — com en el físic i àdhuc el mecànic — per les ruptures que experimenten certs cossos per topaments insignificants, els resultats dels quals en efectes mecànics són molt superiors a la causa aparent que els ha produït; — aquestes forces, repeteixo, ¿tenen aplicació en els organismes? ¿les utilitza la Naturalesa en les seves funcions vitals? ¿seran indispensables per a donar certes condicions a l'aire destinat a la respiració?

Aquest estudi, molt més greu de ço que a primera vista sembla, jo l'hauria pogut escometre d'una manera indirecta, ço és, amb la permanència prolongada dintre l'ictini de grans dimensions que el Govern em va oferir, i avui sabriem ja a què atedir-nos sobre tan important matèria; però, referit aquest estudi a un ictini de petites dimensions, que no consent satisfer altres necessitats que les que es refereixen a la respiració, el temps de prova està limitat a unes vuit hores i no és possible completar ni tan sols continuar dit estudi.

Com a prova que no hi ha inconvenient a prolongar d'una manera indefinida la permanència dels animals en una atmosfera artificial, no hi ha més que fixar-se en els interessants experiments que els senyors Regnault i Reiset han realitzat recentment en animals tancats, durant molts dies, junt amb llurs aliments, a l'objecte d'indagar en quina quantitat d'oxigen contingut en l'àcid carbònic espirat diferia de la quantitat d'oxigen que havia desaparegut de l'atmosfera limitada en una campana de cristall, i si aquestes diferències estaven relacionades amb l'alimentació, la classe d'animals i les seves grandàries relatives i absolutes.

No ressenyaré en aquest capítol les conclusions d'aquests estudis (1); sols em limitaré a consignar allò més essencial que s'ha fet amb aplicació als ictinis, car no són ja les vuit hores de què faig esment, sinó dies, els que han passat els animals tancats, alimentant-se i respirant en una atmosfera artificial. D'aquesta faisó, la tesi que he sostingut sempre, que l'oxigen, tant si procedeix del regne vegetal, com del mineral, és igualment propi per a oxigenar la sang, queda fora de tot dubte, almenys durant alguns dies i probablement d'una manera indefinida.

Convé que els exploradors subaquàtics estiguin previnguts sobre la influència nociva que certs gasos exerceixen en l'economia animal (dels quals tracto en el *Complement* a aquest capítol, que es trobarà en la Segona Part) i que poden generar-se amb determinades reaccions químiques. Sempre que se n'intenti alguna de nova, per aventajosa que sigui a l'art submari, s'ha d'estudiar curosament sota aquest aspecte, abans de portar-la a l'interior de la cambra.

Actualment l'ictini és prou perfecte per a impedir la formació de gasos deleteris; només s'ha de combatre l'àcid carbònic, els gasos intestinals i la matèria albuminosa que transpirem i que entra fàcilment en putrefacció. Tots desapareixen en el purificador.

La matèria albuminosa que excreta l'home per la transpiració cutània i pulmonar, ha estat objecte d'un delicat estudi de Lemaire. Aquesta substància s'ha recollit per medi d'un globus de cristall ple de neu, col·locat en el centre d'una quadra d'una caserna, des de les quatre a dos quarts de sis de la matinada, en la qual hi havia vint llits ocupats des de les nou de la nit anterior. Es varen condensar sis grams d'aigua que tenia l'olor de la quadra i el regust un poc picant; contenia el líquid, mirat amb el microscopi i sis hores després de condensat, cossos esfèrics, ova'ats, cilíndrics regulars o irregulars de 1 a 2 mil·lèsimes de mil·límetre de diàmetre en nombre tan considerable que una sola gota en contenia milers. Successivament es varen anar metamorfosant en animalets que executaven moviments ràpids en tots sentits, i altres anomenats *bacteris* i *vibrions*.

Dins els ictinis, els gèrmens d'aquests animalets seran arrosse-

(1) Vegeu el capítol de la segona part: *Complement a la respiració*.

gats en el corrent d'aire del purificador i abrusats en la seva dissolució alcalina; i així no podran desenrotllar-se el tifus i altres malalties de les quals se suposa que són la causa i fonament. Si, malgrat això, l'examen microscòpic acusés llur existència, indubtablement desapareixerien per l'addició de l'àcid sulfúric en el purificador, en una petita cambra especial i disposada en lloc convenient.

La calç absorbeix l'àcid carbònic quan aquest passa molt dividit en un morter que contingui *deu* d'aigua per *se* de calç. Cinc grams són suficients per a absorbir ràpidament un litre d'aquest àcid. Si, com he dit abans, un home produeix per hora 16 litres d'àcid carbònic, 2 quilograms de calç i 20 litres d'aigua poden absorbir el que produiria un home durant 24 hores.

Les excursions científiques dels ietinis, encara que es necessitessin molts dies d'observació constant, no exigiria per aquest motiu grans espais destinats a la purificació de l'aire mitjançant el morter de calç.

En aquest capítol i en el seu complement he exposat tot el que sé que pugui interessar a les cambres submarines amb referència a l'atmosfera i a les funcions dels regnes vegetal i animal. Potser no n'hi hagi prou per a satisfer totes les condicions que alhora exigeixen la higiene i la permanència indefinida de l'home en aquest petit món artificial; però, per a les actuals necessitats de la navegació submarina, crec que és suficient la resolució que he donat a aquests problemes transcendents que es resolen per medis tan senzills i tan segurs com la producció d'oxigen, a intervals marcats per la necessitat de la respiració, l'absorció de l'àcid carbònic pels alcalins, la condensació dels vapors d'aigua i la destrucció dels miasmes.

## V

### MOTOR SUBMARI

Des dels primers temps l'home s'ha aprofitat d'altres forces, demés de les seves pròpies forces musculars, el mateix per a la seva indústria que per a la destrucció dels seus enemics.

Les forces dels animals, de l'aigua i del vent, durant segles, han

estat les úniques de què ha disposat l'home per al seu treball, per al carrateig, per al comerç, fins a la invenció del vapor; si bé per a la guerra ja havia trobat la pólvora. Fins ara no ha pogut aplicar-se a la indústria, el treball de la qual, exercit per aquest agent, resultaria car, encara que s'aconseguís reduir la seva vivaça, massa instantània i rebel, a la subjecció, docilitat i mansuetud amb què es presta el vapor d'aigua a totes les evolucions que l'imposen els admirables mecanismes inventats per Watt i els meravellosos òrguens injectadors, descoberts per Giffard.

Sobre la utilització de la pólvora, com a motor aplicada a la indústria, es cita l'astrònom Huygens, holandès de naixença, membre de l'Acadèmia de París, que va ésser cridat a França — segons Arago, per les liberalitats de Lluís XIV i el zel intel·ligent de Colbert — i que els edictes contra els protestants varen foragitar del sòl francès.

Huygens encenia la pólvora en un cilindre; l'expansió dels gasos movia l'èmbol, que recorria cert espai, a l'extremitat del qual tornava a verificar-se una nova combustió de pólvora que movia l'èmbol en sentit contrari, i així aconseguia un moviment de vaivé que després es va aprofitar per a la utilització de la força expansiva del vapor d'aigua en la màquina anomenada de vapor.

Segons els interessants experiments de Bunsen i Schischkoff, la pólvora, en l'acte de la inflamació, desenrotlla una temperatura de 3.340 graus, una força expansiva de 4.500 atmosferes i un treball teòric de 67,410 quilogràmetres per cada quilogram de pólvora consumit. (1)

Per a la indústria, el comerç i els viatges ràpids basta la força de la màquina de vapor, i encara que també ha estat suficient per a subjeccionar la superfície del nostre globus i és poderosa per a procurar el benestar general, no obstant, han aparegut altres motors fundats en l'electricitat, que hem vist funcionar en els tallers de l'habilíssim M. Froment; en la calefacció de l'aire, inventats per Ericsson i perfeccionats a Barcelona pel nostre amic Reilein; en la combustió dels hidrocarburs per Lenoir, que vàrem veure operar en el Sena i en la

(1) Vegeu *Théorie chimique de la combustion de la poudre*, par R. Bunsen i L. Schischkoff, traduït per M. A. Terquem. — París, Coërad libraire, 1859.

Un quilo de pólvora produeix un treball teòric d'un cavall de vapor durant quinze minuts.

darrera Exposició Universal de Londres; i, per fi, en la calor solar aplicada a evaporar aigua i a escalfar aire.

Però, per a dominar les elevades regions de l'atmosfera i el món submarí, no basten les condicions ordinàries ni la utilització de les forces esmentades; si s'encomanessin les conquestes d'ambdós imperis a les condicions actuals de la utilització del calòric, l'home es veuria condemnat a no poder sortir del vast paradís que ocupa damunt la terra, deixant als ocells i als peixos els seus dominis respectius. Un i altre depenen de motors especials que cada un exigeix. Forces poderoses i dócils ensems reclama l'imperi dels aires; organitzacions mecàniques semblants a les aus, els aparells respiratoris i l'activitat digestiva i muscular dels quals desenrotllin una força proporcional deu vegades superior a la de l'home. Així, en poc temps, poden elevar-se a considerable altura i travessar després dilatats palsos, sense grans esforços i amb la rapidesa que la gravetat imprimeix als cossos que lliurement la obeeixen.

Forces relativament febles suposen els aparells destinats, com el peix, a recórrer els espais submarins. En efecte; el sistema de respiració d'aquests animals és imperfecte; gasta poc oxigen; hi ha, per tant, en els seus òrgans una combustió moderada, i ja és sabut que les forces animals són proporcionals al carboni i hidrogen cremats. D'altra banda, quan l'home neda i es submergeix, travessa amb facilitat les aigües, malgrat ésser les seves formes impròpies per a aquest objecte i no poder, com el peix, fer-se més o menys dens. Per tant, les forces destinades a la locomoció i govern de la densitat dels ictinis són suficients si atenyen la proporció de les exercides pels peixos: la llei de les *correlacions orgàniques*, és llei també en els organismes mecànics i àdhuc en les màquines comuns.

L'home consumeix més carboni i hidrogen que el peix i desenrotlla una força proporcional, que, a falta de dades més precises i tretes directament de l'estudi comparat dels mamífers i dels peixos, anem a deduir d'una altra comparació: la dels dos medis en què respectivament viuen.

L'aigua de mar conté 0'026 del seu volum d'aire dissolt, en la composició del qual entra l'oxigen per  $\frac{39}{100}$ . En un metre cúbic d'aigua de mar hi ha, doncs, uns 8 litres d'oxigen dissolts; en igual volum

d'aire atmosfèric n'hi ha 208, ço és, 26 vegades tant d'oxigen com en un metre cúbic d'aigua. Si les forces dels mamífers i dels peixos corresponen a aquesta proporció, serà natural suposar en l'home, a igualtat de volum, una força 26 vegades superior a la del peix.

Si l'home pogués respirar dintre de l'aigua, desenrotllaria en la natació forces molt superiors a les dels peixos; però perquè la vida respiratòria pugui exercir-se en tota la seva plenitud, cal que es tanqui en un aparell les formes i òrguens del qual siguin iguals o semblants als d'aquells animals. Aquest aparell ocuparà dintre de l'aigua un volum molt superior al del cos humà, i l'experiència m'ha ensenyat que cada home necessita un metre cúbic d'aire, per a poder fàcilment purificar-li i restituir-li l'oxigen que va consumint. Si a aquesta quantitat de metres cúbics, .....

1'000

hi afegim:

El volum del cos humà, .....	0'060
El de la màquina interior .....	0'030
El de les parets de la cambra interior, .....	0'100
El de les veixigues de flotació, per a fer possible l'entrada i sortida de l'ictini, .....	0'100
I el del revestiment exterior per a suavitzar les formes i resguardar les eines del treball, .....	1'000

Tindrem per cada home tancat en un ictini, un volum de .. 2'290

o sigui un volum 38 vegades superior al del cos humà.

Abans de relacionar aquest volum amb la força humana i la del peix, hem de fer-nos càrrec de les resistències nocives que té tot aparell mecànic i de la força necessària per a purificar l'aire, i per ambdós conceptes, minvarà la nostra en una tercera part, i així com la total, comparada a la del peix, era de 26, quedarà l'efecte útil reduït a 19.

D'una part tenim força igual a la que desenrotllarien 19 peixos d'un volum exactament igual al nostre, i d'altra, un volum d'aparell 38 vegades el del cos humà; per consegüent, la força de l'home tancat en un aparell ictini, que ha d'endinsar-se com el peix pel si de les aigües, si no disposa de cap més motor que el muscular, és sols la meitat de la d'un peix que tingué un volum igual al de l'aparell. En

aquest cas la velocitat d'aquest seria sols una quarta part de la de<sup>1</sup> peix.

Sota aquests principis, que potser siguin vertaderes bases per a motors submarins, s'han construït els primers ictinis que han navegat en les aigües de Barcelona; i no tenint encara millors dades, així seguiré construint els altres, que resultaran millorats en la marxa, per raó de poder augmentar la força, car dispo de d'un motor inanimat.

Com hem vist, perquè poguem navegar per dessota l'aigua, no amb la meitat, sinó amb iguals aventatges que el peix, necessitem per cada 2,290<sup>m3</sup> la força de dos homes; i essent la d'aquest de vuit quilogràmetres i de 75 la d'un cavall de vapor, tindrem que bastarà la d'un cavall per cada 10,5 m. del volum de l'aparell submarí. Si els grans ictinis s'acomodessin al tipus de força mitjana dels vaixells blindats, que és d'un cavall per 4<sup>m3</sup> de desplaçament, jo sospito que s'assolirien velocitats semblants a les dels cetacis; i aquesta rapidesa en la marxa tindria la seva aplicació a la guerra marítima, en una esfera més vasta que la de defensa de ports i costes. No obstant, per a aquesta i per a les aplicacions industrials i científiques, la força serà suficient si correspon a un cavall de vapor per cada 10,5 m. de volum, sense altra cura ni altra mira que la d'ésser susceptible d'augment per a casos especials, la qual cosa estaria d'acord amb la manera de procedir la Naturalesa.

Així com tots els animals amagatzemen forces en llurs muscles per a casos extraordinaris, així també el motor dels ictinis deurà tenir-ne d'amagatzemades per a poder-les desplegar en casos idèntics, per tal de fugir d'un corrent o d'atacar l'enemic o burlar la seva vigilància i, en general, atènyer un lloc de refugi. De manera que una força constant poderosa no és necessària, mentre pugui comptar-s'hi en casos especials.

Si aquesta força és el calòric aplicat a l'aigua, aleshores els dipòsits de vapor de les calderes dels ictinis hauran d'ésser molt grans, per tal de tenir amagatzemada molta força per als casos especials a què he fet referència; però sense oblidar que l'activitat de la combustió també podrà excitar-se, en un moment donat, a fi d'aconseguir pel temps requerit el desenrotllament de la potència extraordinària reclamada per la utilitat de les operacions i la salvació dels ictinis.

De tot això es despren que, essent la força normal per a la marxa

submarina un cavall de vapor per cada 10<sup>m3</sup> de capacitat interior, l'extraordinària haurà d'ésser molt més gran: m'atreveixo a assenyalar des d'ara que almenys haurà d'ésser quàdruple, a fi de doblar la velocitat.

De l'examen dels motors avui dia en ús, resulta que la màquina de vapor marina i la d'Ericsson, la de Lenoir i l'elèctrica no compleixen les condicions exigides per la navegació submarina. Les dues primeres, per estar fundades en la combustió del carboni, que dóna una quantitat enormíssima d'àcid carbònic; la de Lenoir, perquè, dessota l'aigua, hauria d'estar fundada en cremar hidrògen pur, per a la producció del qual caldrien quantitats enormes d'àcids corrosius que farien perillosa l'estada dins dels ictinis; i l'elèctrica, perquè, encara que poguessin prevenir-se les emanacions tòxiques de les piles, no ofereix, desgraciadament, un motor poderós.

El motor submarí, si això fos possible, no deuria estar fundat en l'emissió de calòric, per tal d'evitar la vasta extensió de superfície refrigerant indispensable per a traslladar a l'exterior la calor sobrant; però, no podent usar l'electricitat, per no saber produir-la en gran quantitats ni en reduïts espais, ni utilitzar-la després d'una manera econòmica, ni aprofitar-nos del corrent magnètic de la terra, ni, en general, de l'afinitat química ni molt menys de les forces catalítiques, he tingut de fixar-me en la calor, car, aplicant-lo a l'evaporació de l'aigua, m'estalviava almenys tots els estudis i proves que exigeixen els receptors de les forces.

Abans de passar endavant he de confessar que tots els meus assaigs per a obtenir alguna força de l'osmosi s'han estaveïat contra la feblesa de les membranes o l'obstrucció dels diaframes.

També he de confessar la meua ineptitud per a aconseguir algun resultat de la vibració dels cossos sonors, sobre la qual cosa, i malgrat ésser estranya a aquest assumpte, he de cridar l'atenció dels intel·ligents car els meus assaigs tenien per fonament l'existència de forces catalítiques que podien desenrotllar-se gràcies a les ondulacions sonores.

Per a mi ha estat sempre un fenomen mecànic molt extraordinari, que un cristall, una campana, una barra d'acer, temperada o no, una roca, i en general tots els cossos durs i granuloses, es trenquin a causa de les vibracions ocasionades per un o més cops, la força dels quals és insignificantíssima comparada a l'esforç mecànic que es neces-

sitaria si, per tracció, s'hagués de produir el mateix efecte. Quan es fixa l'atenció en les freqüents ruptures dels arbres cigonyals, els eixos dels carros comuns i, sobretot, en les ocasionades en les barres de ferro per una baixa temperatura, hom no pot menys de reconèixer una força catalítica difícil per ara d'explicar i comparable a la que rau en les el·lipsoides de cristall que tenen per nom *llàgrimes d'Holland*.

Mentre desconeguem aquestes forces, en el terreny mecànic, i en els casos indicats, haurem de suposar que en els esmentats cossos n'hi ha una que està equilibrada i la manifestació de la qual depèn de les vibracions; de la mateixa fàisó que l'aigua continguda en un dipòsit produirà un gran efecte mecànic que semblarà produït per l'aixecament de la resclosa.

Observant aquests efectes, i recaient alguns en cossos sonors, vaig suposar en aquests un augment de volum, indicat per les vibracions, que podia arribar a la ruptura en els nusos o en els ventres, ja que amb tanta facilitat es trenquen.

Si hi havia en realitat aquest augment de volum, calia recórrer a una força estranya, a forces còsmiques, espargides per tots els cossos de la Naturalesa i una de les manifestacions de les quals consistirà en moviments vibratoris, així com l'èter s'exhibeix per les ondulacions lumíniques.

Que els cossos sonors, quan vibren, augmenten de volum, semblaven indicar-ho els experiments de Savart i Saint-Auge.

Així és que, sentint la falta d'un motor submarí, vaig decidir-me a provar-ho. En una caixa de ferro, posada verticalment, de secció quadrada, que tenia 42 mil·límetres pels costats i una longitud de dos metres, vaig tancar-hi hermèticament una barra de bronze de campanes de la mateixa longitud i 40 mil·límetres de costat, sostinguda dintre de la caixa en dos dels seus nusos; l'extrem superior de la caixa estava tancat amb una tapa i l'inferior amb un tub en U ple d'aigua; en l'extremitat lliure d'aquest tub n'hi havia ajustat un altre de recte vertical de cristall de 4 mil·límetres de secció interior, per on havia de pujar l'aigua en el cas que en l'interior de la caixa hi hagués un augment de volum. Les vibracions repetides en la barra de bronze no varen fer pujar pel tub de cristall ni una molècula d'aigua; la qual cosa prova que els cossos sonors no augmenten de volum gràcies

a les vibracions, encara que durant aquestes siguin alterades realment llurs dimensions.

No obstant, en els experiments de Savart descrits per Daguin (1), s'assegura que una barra de llautó cilíndrica de 34'95 mm. de diàmetre i de 1'40 metres de longitud, mitjançant les vibracions es perllonga o'60 mil·límetres, i que quan aquestes són molt fortes, poden ocasionar la ruptura de la barra, la qual es divideix en petits anells, com ha demostrat Saint-Auge sobre bastons de vidre. Si a aquests exemples hi afegim els que tots hem observat en els cossos que anomenem, per aquest motiu, *fràgils*; si comparem el considerable esforç que per tracció hauria estat necessari per a produir els mateixos efectes, no podrem menys de sospitar l'existència de forces catalítiques que obren en determinats cossos, produint efectes mecànics; forces ja admeses en l'ordre químic, l'estudi de les quals és del més gran interès, a les quals jo he donat el qualificatiu de *còsmiques*, i de les quals he tret partit per a la navegació submarina.

Essent tan reduït el nombre de forces inanimades de què pot disposar l'home, en l'estat actual dels seus coneixements sobre els agents naturals, i essent tan còmode, després dels estudis de Watt, utilitzar la calor com a força, vaig fixar-me en la desenrotllada per les combustions. Els combustibles fins ara utilitzats per a l'emissió de calor, són vegetals. L'hidrogen, el carboni, l'azot i l'oxigen s'han unit en ells, absorbint llum i calòric, i s'han constituït en estat sòlid, el qual es deu a la força solar que els manté units. Si per qualsevol medi sostraiem aquesta força, la unió es desfarà, i els restituïrem a llur primer estat. Ja hem vist en el capítol de la respiració, que aquests cossos constitueixen l'atmosfera; que són el mateix aire en forma de organisme, i que llur destí és tornat a llur primer estat mitjançant la combustió animal. Si els utilitzem, doncs, com a combustibles en les nostres màquines, necessitem un gran espai, una atmosfera, i això no és possible en navegació submarina.

¿Què va fer la Naturalesa, de quins mitjans es va valdre per a la formació dels vegetals? Les forces còsmiques varen elaborar les primeres matèries, i els raigs solars, després, han continuat el treball.

(1) *Traité de Physique*, Paris, Dezobry et E. Magdeleine. 1864, t. I, pàg. 600.

Les forces còsmiques són les que han format el regne que anomenem mineral; en ell resideixen aquelles forces, representades per combinacions de matèria, l'estat immediat anterior de la qual va ésser també l'estat sòlid. Unides aquestes matèries per la força còsmica, si l'home aconsegueix sostreure-la per a aplicar-la als seus usos, tindrà productes que afectaran el seu estat anterior immediat, el sòlid. Doncs bé; el natural és cercar en el regne mineral els elements de les forces que ens calen per a la nostra cambra submarina, l'acció de les quals no necessita gran espai per a desenrotillar-se.

Suposem que reduïm totes les forces de la Naturalesa a una sola: l'atracció, per exemple, ja que amb aquest caràcter s'han presentat les forces còsmiques que varen formar el sol i el nostre sistema planetari i que la matèria conglomerada subsisteix en aquest estat per l'atracció.

Si l'atracció ha ajuntat la matèria que estava distribuïda en l'espai i l'ha feta més densa, podriem representar un cos qualsevol sota aquesta fórmula: *un cos és igual a densitat primitiva, més atracció.*

I si aquesta equació és vertadera, totes les altres forces no són més que maneres de manifestar-se l'atracció.

L'atracció produeix moviment; el moviment en la pressió, en el topament i en el freg, produeix llum i calor; i aquests, en cert estat i combinats amb el moviment, produeixen electricitat, magnetisme, afinitat química, força orgànica i forces catalítiques.

Per consegüent, tot cos és un agregat de substància còsmica, subjectada per forces la suma de les quals és igual a l'atracció que l'ha produït, aquestes forces, que resideixen en els cossos i estan ocultes, es manifesten, entre altres maneres, per reaccions químiques que l'home va estudiant i aplicant a les seves necessitats.

Aquestes forces són considerables; representen el treball acomplit durant el temps necessari per a passar de llur estat primitiu de matèria difusa a l'estat actual; i si per a formar concepte del valor d'aquestes forces ens posem a fer comparacions de densitat entre cossos ja agregats, trobarem resultats que afronten amb el fabulós. Si haguéssim de mantenir l'hidrogen a la densitat del ferro, ens caldria una pressió constant de més de 4.000 atmosferes. ¡Quines forces s'hauran utilitzat

en l'èter per a adquirir la densitat de la matèria dels cometes, i en la d'aquests per a la de l'hidrogen I, no obstant, resideixen en els cossos i podrem aprofitar-nos-en, quan coneguem més bé les propietats intrínseques de la matèria, que és l'objecte a què tendeixen els estudis que vaig emprendre per a l'ictini.

Fundat en aquest raciocini, i després de molts assaigs, vaig poder anunciar en una de les meves Memòries, el següent principi, que és un dels medis que dóna resultats més insignificants, sens dubte per tal de fer paleses les forces còsmiques.

«Quan dos o més cossos, capaços de formar combinacions que, per via seca, desenrotllin abundant calor, es trobin molt dividits i íntimament mesclats, i en les proporcions indicades per llurs equivalents químics, aquests cossos reaccionaran i la reacció es propagarà a tota la massa, si un agent qualsevol ha determinat la combinació en un punt d'ella.»

Aquest principi, aplicat a l'oxidació, sulfuració i reducció de certs metalls, és cert i els fets l'evidencien.

Posem un peròxid,  $MO_x$ , per exemple; cedirà per via seca part o tot del seu oxigen al cos simple metàl·lic  $x$ , en els casos que  $x$ , en unir-se amb l'oxigen, desenrotlli una temperatura superior a la que va emetre  $M$  en comb'nar-se amb l'oxigen.

Perquè tinguin lloc aquestes reaccions, és necessària una temperatura inicial suficient per a provocar la reacció en una petita part de la mescla del peròxid amb el cos simple; après la reacció s'acompleix per ella mateixa i es propaga per tota la massa, perquè en tota ella es troben els cossos íntimament barrejats amb la calor necessària per a formar una nova combinació.

### EXEMPLES D'OXIDACIÓ

1.<sup>es</sup> 3 parts de plom ( $4 PbO_2, PbO$ ) i una de zinc íntimament mesclades, sense cap excitant, cremen dins un tub de ferro de 6 centímetres de diàmetre, malgrat estar la mescla molt apretada; resten com a residus: plom reduït i òxids de plom i zinc.

2.<sup>es</sup> Parts iguals de peròxid de ferro ~~see~~ i zinc i un pot

de clorat de potassa com a excitant, cremen vivament en un tub de ferro de 4 centímetres de diàmetre, les parets del qual, de dos mil·límetres de gruix, prenen la temperatura del color roig fosc.

3.<sup>ra</sup> L'òxid roig de manganès cedeix també una part del seu oxigen al zinc i al sofre, i en un i altre cas queda reduït a protòxid; la temperatura que desenrotlla és petita.

4.<sup>ra</sup> 2 parts de bicromat de potassa i 3 de sulfur de plom cremen tranquil·lament, sense que es desprengui àcid sulfurós. Després de la reacció, el pes dels residus és sensiblement igual al de la mescla primitiva.

5.<sup>ra</sup> 2 de peròxid de manganès sec per u de zinc, cremen en un tub de 6 centímetres, desprenent-se l'àcid carbònic que porten els peròxids del comerç.

6.<sup>ra</sup> El litargiri excitat pel clorat de potassa cedeix el seu oxigen al sulfur de plom i al ferro colat.

Totes aquestes reaccions tenen un caràcter tan suau, que són aplicables en navegació submarina. Aquestes reaccions constitueixen el motor de l'ictini.

No s'ha de fer ús de la reacció dels nitrats sobre el ferro, per les raons que vaig a exposar:

1.<sup>a</sup> La combustió pels nitrats desenrotlla gran quantitat de gasos.

2.<sup>a</sup> Fent ús del nitrat de sosa, no s'ha de preparar la mescla sinó amb dos o tres dies d'anticipació, perquè la combustió comença des del moment en què el ferro està en contacte amb el nitrat, la qual cosa es veu per l'augment de temperatura.

3.<sup>a</sup> Els cilindres de ferro que contenen la mescla han d'estar ratllats de l'un a l'altre extrem, a fi de deixar lliure sortida als gasos, i això és un greu inconvenient per al transport.

4.<sup>a</sup> La mescla no pot estar apretada, perquè quan crema augmenta de volum i obré els cilindres; i, per tant, tampoc poden en-seuar-se els cilindres per endavant, car en el transport es barreja el seu i la mescla.

5.<sup>a</sup> Perquè és molt difícil d'assenyalar la proporció del nitrat amb el ferro, puix si la quantitat de nitrat és escassa, aleshores el

ferro descompon l'aigua del nitrat i es forma amoníac, i si el nitrat és en excés es forma protòxid d'azot.

I com que en el canvi de cilindres de mescla no és possible evitar que una petita part d'aquests gasos es barregi amb l'aire de la cambra de l'ictini, s'esdevé ésser perillós fer ús dels nitrats com a combustibles.

6.° Els gasos, en passar a llurs dipòsits, arrosseguen gran quantitat de sosa càustica que obstrueix els conductes.

Per totes aquestes raons he d'aconsellar als que es dediquin a la navegació submarina, que proscriguin l'ús dels nitrats. És veritat que la temperatura que desenrotlla aquesta combustió és gran i que el ferro colat i el nitrat no costen gaire, però els inconvenients són un poc greus. Jo em vaig decidir a abandonar aquest medi i a fer ús d'altres mescles més cares, però de resultats més higiènics i més còmodes en llur preparació i ús.

En abandonar els nitrats per a les combustions submarines, vaig escollir la sulfuració dels metalls. La matèria primera no és cara, les temperatures són molt ardents i els residus tenen valor comercial. Malgrat els bons resultats que vaig aconseguir en la sulfuració del zinc, el sofre del qual era cedit, en gran part, per les *galenes* naturals, no vaig atrevir-me a continuar aquests estudis tement gastar un temps massa precíós, fins a aconseguir una sulfuració tranquil·la i exempta d'àcid sulfurós.

La reacció que he estudiat amb més cura i que he aplicat a l'ictini és la del peròxid de manganès i el zinc, sobre la que he fet experiments a milers.

El meu objecte era obtenir una reacció que em donés una temperatura elevada i oxigen per a la respiració, i això s'obté amb aquesta mescla:

366	Zinc	75	} 1 quillog. = 310 calories.
586	Peròxid de Mn.	120	
48		10	
<hr/>		<hr/>	
1000		205	

Aquesta mescla crema estant molt apretada, i si el peròxid de manganès ha estat assecat al foc, de manera que hagi abandonat tota l'aigua que conté, que és de 1 a 6 per 100, els cilindres acabats, enseuats i amb la metxa poden guardar-se molt de temps, ja que als tres mesos cremen com si fossin fets de poc.

Per a les manipulacions de les mescles, confecció dels cilindres i altres operacions, vegeu el capítol titulat: *Manipulacions*.

Col·locats els cilindres en les cambres de combustió de la caldera, tancades aquestes i conduït l'oxigen que es desprèn a una cambra especial on es purifica i esdevé transparent, l'elevada temperatura de la combustió s'insinua en el manòmetre de la caldera; i si cada 30 minuts es posen en les cambres de combustió 30 quilograms de mescla, s'obté una força constant de més d'un cavall de vapor.

Causa un vertader plaer trobar-se tancat hermèticament en una cambra on funciona una màquina de vapor, que, ensems que proveeix l'ictini de la força que necessita, alimenta la respiració dels tripulants. Cal haver navegat amb el sol auxili muscular per a sentir la felicitat de posseir una força inanimada submarina, un motor que, demés, dóna aire vital. Ja no es sentiran els sords panteixos de la respiració fatigosa dels tripulants; i en abandonar aquests la somrient demora de l'atmosfera, tindran més confiança, sabent que llur seguretat no depèn de llurs febles braços, sinó de la poderosa de la màquina de vapor.

En el segon Ictíneo m'han faltat mitjans per a combatre la temperatura, sempre creixent, del principi a la fi dels assaigs, per ésser la cambra interior de fusta i no tenir recursos per a construir els refrigerants tubulars, on circularia l'aigua, traslladant a la mar el calor que ens fatiga.

Si hagués construït el segon Ictíneo amb la previsió d'un motor fundat en el calòric, la cambra interior no hauria estat de fusta, i avui ens trobaríem en les aplicacions industrials que ens donarien els capitals per a perfeccionar la nostra obra. Però els avenços en tot ordre d'idees son lents; es presenten successivament, i el que ha de

realitzar-los depèn, generalment, de persones que no tenen ni poden tenir la perseverança de l'inventor, ni la seva fe en els resultats. Per això, quan he necessitat cobrir la caldera i una part de les parets de la cambra amb refrigerants tubulars on circulés l'aigua de la mar per diferència de temperatura, no he trobat mitjans per a realitzar-ho, ni paciència en els creditors per a esperar els resultats de les aplicacions de l'Ictíneo.

## SEGONA PART

### DETALLS REFERENTS A LA NAVEGACIÓ SUBMARINA

#### I A L'ICTINEO

##### I

#### LA MAR

La mar s'estén sobre unes tres quartes parts de la superfície terrestre: sense ella no hi ha vida possible, almenys tal com la coneixem.

L'acció constant de la calor solar damunt la vasta superfície de les aigües alimenta l'atmosfera de vapors que es precipiten en pluges periòdiques, les quals mesclen i dissolen les substàncies de la terra.

L'aigua, doncs, és el vehicle que posa en contacte els elements de la vida orgànica, que després es desenrotllen gràcies a la calor, a la llum, a l'electricitat, a l'afinitat química: la terra es cobreix d'una vegetació riquíssima i variada, nou element que, a son torn, dóna vida a milions d'éssers.

Així, onsevulla que cerquem la vida, hem de suposar l'existència d'un dissolvent que posi els elements en contacte perquè es desenvolupin les lleis a les quals estan subjectes. Si sospitem la vida en els astres i hi suposem vegetació i animalitat, hem d'imaginar l'existència d'una mar (aigua o altre líquid) i d'un moderador, dipòsit o distribuïdor de les forces físiques, ço és, d'una atmosfera (aire o altres gasos): tot ço que sembla estar reunit en els planetes Venus, Març, Júpiter, Saturn i especialment Març.

*Profunditat de l'Oceà.* — Aquesta massa d'aigües que compon els mars continentals, polars i mediterranis, té la forma de lúnula o menisc, la part convexa del qual mira vers l'atmosfera i la còncava vers la terra. Hom ignora el major gruix d'aquesta lúnula; només se sap que és a l'hemisferi austral i que ofereix profunditats que una línia de 15,000 metres no ha pogut amidar. El tinent Parker, de la marina de guerra nordamericana, va sondejar l'Atlàntic austral, i en certs indrets, amb una línia de 50,000 peus, no va trobar fons.

*Salabror i pes específic de l'aigua de la mar.* — En els tres mars, Pacífic, Índic i Atlàntic, les més grans profunditats es troben en la part austral, on també les aigües són més salades i més pesades que en l'hemisferi boreal. Però la diferència és petita, com pot suposar-se, atesos els continus moviments de les aigües subjectes als corrents, a les mareas i a les ones.

El pes específic de l'aigua destil·lada a la temperatura de quatre graus, i ocupant el volum d'un decímetre cúbic, és el terme de comparació a què es refereix el pes específic dels demés cossos: el volum és de 1,000 centímetres cúbics i el pes és de 1,000 grams.

El pes específic de l'aigua de l'Oceà oscil·la entre 1,025 i 1,030; però el terme mitjà d'un gran nombre d'experiments realitzats amb aigües tretes de totes les mars, d'un gran nombre de situacions geogràfiques, de la superfície, de les aigües mitjanes i profundes és de 1,026; la del Mediterrani és de 1,029.

Aquests experiments han establert que:

L'aigüa és més pesada vers l'Equador que vers els Pols;

En les profunditats que en la superfície;

Lluny de les costes, que prop d'elles;

En l'Oceà, que en les mars interiors que es comuniquen amb ell, excepció del Mediterrani.

La major densitat de l'aigua de la mar és a  $-3^{\circ}6$  en calma, i agitada a  $-2^{\circ}5$ . Aquest màxim descendeix a menys graus segons sigui la seva salabror.

La salabror de l'Oceà segueix, com és natural, les mateixes indicacions del pes específic; és més forta en l'Equador que en els Pols i en l'hemisferi S. que en el N.; sense altra particularitat que la d'ésser les aigües del Pacífic menys salades que les de l'Atlàntic.

La major quantitat de polipers de les aigües del Pacífic, l'inoluble treball que realitzen, deu ésser la causa de la menor salabror de les aigües d'aquella mar.

Les aigües dissolen les sals de la terra, i els mol·luscos i els pòlips se les apropien. Aquest gran nombre d'illes de tan diferents dimensions, cobertes d'una vegetació pomposa, que abraça una extensió de molts graus en latitud i longitud, i que formen quasi elles soles la part del món coneguda amb el nom d'Occania, la majoria han estat alçades des del fons de l'Oceà fins a la superfície de les aigües per l'acció combinada de les forces geològiques i d'aquests infatigables obrers anomenats pòlips (1). Han tret de les aigües les molècules de calç, d'òxid de ferro, de magnèsia, i les han anat dipositant la una sobre l'altra, fins a formar aquests terrenys calcaris que els descobridors han trobat ja poblats de salvatges. I continuen encara llur treball amb tan portentosa activitat, que les illes es van unint entre elles.

Les matèries dissoltes en l'aigua de la mar i que es troben en els residus sòlids, son: clor, brom, iode, fòsfor, sofre, carboni, potassa, sosa, calç, magnèsia, òxid de ferro, àcid sulfúric, sílices i indicis de plom, coure, plata i de moltes altres substàncies de les que arrosseguen les aigües dels rius; els sis primers cossos es troben en estat de clorurs, bromurs, iodurs, fosfats, sulfats i carbonats; el clorur de sodi (sal comuna) és la més abundant de les matèries dissoltes en l'aigua de la mar.

Conté, demés, en dissolució vària, aire atmosfèric, que serveix per alimentar la respiració dels peixos i de les plantes marines. Sembla que la quantitat d'aire dissolt augmenta amb la profunditat, però no se sap en quina proporció. A la superfície, segons Gay-Lussac, l'aire dissolt conté 30 per 100 d'oxigen i 10 per 100 d'àcid carbònic; però

(1) La teoria del zoòleg Carles Darwin, autor de l'admirable llibre *Origen de les espècies*, que va acompanyar el capità Fitzroy, de la marina real anglesa, en son viatge de circumnavegació des de 1832 a 1836, explica tots els fets de les illes formades pels corals, entrant en aquesta explicació els alçaments i enfonsaments geològics. «Una circumstància, diu Humbolt (*Cosmos*, t. IV, p. 441), digna d'ésser remarcada, i que està d'acord amb l'observació, és que els animals del coral eviten el veïnatge dels volcans actius, i àdhuc el d'aquells que han deixat d'ésser-ho de poc temps, com es pot veure en l'arxipèlag de Tonga, on abunden les roques madreporiques, i no obstant, Tafoa i el con de Cao no en contenen absolutament cap d'aquesta mena de roques.» (Vegeu *Darwin Structure of Coral Reefs*.)

segons els experiments fets en aigües tretes de diferents profunditats i dels tres Oceans, per la fragata de guerra *Bonita*, en el seu viatge de circumnavegació realitzat en 1836 i 1837, les proporcions d'oxigen màxima i mínima són de 4 i 10 per 100 respectivament a les aigües superficials i profundes, i les d'àcid carbònic de 10 i 30 per 100. Peluze i Fremy, citant a Lewy i Morreu, diuen que per una sèrie de dies bons i junt a una vegetació marina abundant, la proporció d'oxigen pot augmentar fins al 39 per 100 i l'àcid carbònic disminuir en la mateixa proporció, i que aquell és més abundant de dia i aquest de nit.

*Color.* — La color de les aigües de l'Occà, pures, en poca quantitat, és la mateixa que la de l'aigua destil·lada; però vistes en massa, tenen una bella color blava ultramarina.

Sols accidentalment són verdes, lletoses, roges o grogues. En temps serè, la mar és d'una color verda viva, tant més pronunciada quant major és l'agitació de les aigües; si el cel és ombrívol, la color és d'un verd fosc.

*Transparència de la mar.* — En les aigües de Barcelona, des de l'interior de l'Ictinco, en temps serè, i després d'alguns dies de calma, es veuen els objectes a la distància de cinc metres, i en les d'Alacant a la de deu metres.

Burard, capità de vaixell de la marina francesa, comandant de la corbeta *Rhin*, amb destinació a Nova Zelàndia, diu que el 16 de juliol de 1845, en les aigües entre Wallis i les Mulgraves, fou suspès d'un cordill un plat de porcellana, i submergint-lo, el va poder seguir amb l'esguard fins a la profunditat de 40 metres.

Malte-Brun assegura que, en l'Occà Índic, des del pont de les embarcacions es veuen els corals a la profunditat de 97 metres.

Scoresby, capità balener, autor d'una interessant obra sobre les mars polars, que va merèixer un brillant informe d'Arago, diu que les aigües blaves de color d'ultramar són tan diàfanes que permeten de veure el fons fins a la profunditat de 130 metres.

El capità Wood (1675), citat per Schleiden, va veure a Nova Zembla el fons cobert de blanques petxines, a la distància vertical de 146 metres.

En general, la transparència de l'aigua de la mar és indicada per la color. El bell blau de les altes mars pren de vegades, en una extensió de moltes llegües, matisos grocs, roigs, verds, blancs, etc., deguts a infinits infusoris que apareixen sovint en la superfície: en aquest estat no és transparent.

De vegades, en indrets propers a les costes o sobre els alts fons, l'aigua apareix verda com a la Tasmània, Nova Zelanda i Valparais, malgrat ésser molt diàfana; en aquests casos, la color olivosa es deu a la del fons, vista a través del fluid i de vegades tenint la capa líquida una espessor de 200 metres.

*Fosforescència.* — Aquesta llum fosfòrica que sovint apareix en els rompents de les ones, a l'extrem dels remes, en l'estela que deixen les embarcacions, és tan viva en certs casos, que arriba a il·luminar els objectes propers. L'enginyer hidrògraf de la fragata francesa de guerra *Venus*, en son viatge de circumnavegació (1836 a 1839), a False-Bay (Cap de Bona Esperança), va poder llegir a quaranta passes dels rompents; va agafar d'aquestes aigües, i filtrades va resultar que contenien una tercera part de llur volum d'animalets del gènere de les meduses.

Scoresby sospita que la color verda d'oliva, deguda a la pul·lulació dels infusoris, indica la fosforescència de la mar.

*Temperatura.* — Els marins, fins als nostres temps, no van dedicar-se a altres estudis que els del maneig de les embarcacions; no comprenien, en general (car sempre hi ha hagut grans i nobles excepcions en una classe tan valent com honrada), que els experiments que els encarregaven, que les ciències físiques, l'estudi de les quals se'ls encomanava, interessessin immediatament a la seguretat dels vaixells que comandaven. No res més natural, doncs, que menyspreessin un preciós llibre que va aparèixer en el segle passat, sota el títol de *Navegació termomètrica*, per Jonatas Williams; la doctrina del qual, convenientment aplicada, estalvia molts naufragis. En efecte: Franklin, l'il·lustre inventor del parallamps, ja havia indicat que a l'aproximació de bancs, alts fons i perills velats, illes i continents, el termòmetre submergit dins l'aigua baixava alguns graus.

Williams, aprofitant-se d'aquesta idea, va estudiar extensament aquesta matèria, establint ço que segueix:

- 1.<sup>er</sup> Que l'aigua és més freda damunt un banc que en alta mar;
- 2.<sup>on</sup> Que la diferència és major quant més ho sigui l'extensió del banc;
- 3.<sup>er</sup> Que els bancs propers a les costes són menys freds que els bancs envoltats de mar profundes;
- 4.<sup>t</sup> Que els canvis de temperatura són tant més ràpids, quant més brusca és la variació de profunditat.

Aquestes observacions no poden aplicar-se entre caps i costes molt properes.

Williams afirma que, en l'espai de tres hores de marxa, va observar una baixa de 4 centígrads, i el perill, que era un alt fons, encara era molt lluny. Per tant, el termòmetre submergit, consultat sovint quan el navegant temi haver incorregut en errors d'importància, indicarà el moment oportú per a llençar l'escandall i provar si hi ha sonda. Això és útil, especialment en les nits obscures i en els dies coberts i de boira. John Davy i Humboldt, per experiències pròpies, confirmen aquesta doctrina.

En navegació submarina, una baixa ràpida en el termòmetre exterior indicaria un penya-segat, i, per consegüent, s'hauria de modificar la marxa, si fos ràpida.

La temperatura de l'Oceà augmenta des dels Pols a l'Equador proporcionalment i des de  $-3^{\circ}$  a  $+27^{\circ}$ .

A l'Equador les aigües profundes són més fredes que les superficials ( $+27^{\circ}$ ); en els Pols, al revés, les aigües superficials ( $-2^{\circ}$ ) són més fredes que les profundes ( $+2^{\circ}$ ).

La major quantitat de sal que contenen les aigües profundes del Pol les fa més pesades que les superficials.

La temperatura de l'Oceà, no sols ha contribuït a la resolució de molts problemes de física terrestre, sinó que també està cridada a resoldre una qüestió de física còsmica, molt interessant al planeta que habitem. Hi ha estrelles fixes, la llum de les quals ha deixat d'arribar fins a nosaltres; n'hi ha d'altres, l'esplendor de les quals minva. El Sol, que és també una estrella fixa, està en un període de

força constant, o el seu esplendor minva, i per consegüent minva també la seva llum i el seu calor?

No tenint dades per a poder resoldre aquesta qüestió, perquè els nostres predecessors no ens n'han deixat cap, perquè tots els experiments que podríem fer sobre la temperatura dels nostres continents, les nostres illes i les nostres costes, estarien subjectes a la influència de circumstàncies locals, cal, segons Arago, notar constantment la temperatura de les aigües superficials en l'equador de l'Oceà, en alta mar, lluny de les costes i, per tant, de tot objecte que pugui alterar-la. Si el Sol perd de la seva esplendor, la temperatura de l'Oceà, observada en les circumstàncies dites, decreixerà gradualment.

*La vida en la mar.* — La vegetació que coneixem de la mar comprèn dues mil espècies que pertanyen a una sola classe: les *algues*.

Demés, hom coneix plantes microscòpiques que Freycinet i Turrel van observar a bord de la corbeta *Criolla*, davant del Tajo, en una extensió de 60 milions de metres quadrats. Aquesta planta tenia les aigües d'un color roig pronunciat, i era tan petita, que en l'espai d'un mil·límetre cúbic estaven continguts *quaranta mil* individus: l'extensió en profunditat d'aquest banc de molècules vegetals, que tenien, no obstant, vida pròpia, era considerable.

Galdo (1) diu que les algues, segons llur espècie, sols poden viure en condicions determinades pel flux i reflux, per la profunditat, temperatura i salabor de les aigües; que el *chorda filixis* té una tretze metres de longitud i que és tan abundant en les Orcades (Nord d'Europa), que obstrueix les basses.

Muller ens parla del *serpocystis*, de proporcions gegantines, que atenyen una longitud de 500 a 1,500 metres; i Schleiden de les *laminares*, que s'assemblen a immenses cintes que suren a mercè de les ones i els corrents.

El *focus* gegantí de la Terra de Foc i la *lletuga purpurina* de la mar del Nord, la consistència de la qual és un poc més gran que la de la gelatina, es dissolen en l'aigua dolça.

(1) *Història Natural*, t. VII. — Madrid. 1857.

Veu's aquí el paisatge subaquàtic que la imaginació d'un professor de Jena (1) ens ofereix:

«La flora submarina comprèn quasi exclusivament una sola classe: les algues o *focus*. Desproveïdes d'òrgues sexuals i dotades d'òrgues de reproducció molt senzills, aquestes plantes ofereixen una diversitat de formes que fa tan interessant i variat el paisatge dels fons de la mar, com el dels climes tropicals. L'estructura especial, blana i gelatinosa de totes les parts, un conjunt d'òrgues arrodonits, perllongats i oberts, als quals no són aplicables els noms de *tany* i *flors*; brillants colors d'un verd oliva, groc rosa i porpra, de vegades matisant plegats un mateix òrgan foliaci: tot això imprimeix al paisatge submarí un caràcter estrany i encantador. Com en els boscos verges de la terra, les plantes aquàtiques s'apreten i entrellacen; les petites *conferves* i *ectocarpees* cobreixen el sòl d'un tapís de vellut verd, damunt el qual la lletuga de mar, amb ses amples fulles, fa el paper de les grans herbes, que realcen els iritzats de llargues fulles purpurines i de color de rosa una infinitat d'*algues* tapissen les roques de verd, esmaltades per les vives colors de la *rosa de mar*: els *talassiofites*, que fan en aquests boscos l'ofici de garrigues, despleguen llurs fulles grogues, verdes, roges en forma de vano o les deixen ondular a mercè dels corrents; i en fi, els arbres estan representats per les *laminars* de llargues cintes de més de 10 metres de longitud, entrelaçats als *macrocistos* de ramificacions nombroses, carregats de llurs quistos de la mida d'una pera; segueixen les *alariades*, de llarg tany, el tronc de les quals és adornat d'una gorgera de fulles, imitant el vol del camisolí, del qual surt un braç, que acaba amb una sola fulla gegantina de 20 metres de longitud. Aquest conjunt està dominat pels *nerocistos*, de l'arrel dels quals, semblant al coral, s'eleva un tall filiforme de 30 metres d'altura, que va engruixint i prenent la forma de porra o d'una enorme veixiga coronada de fulles estretes de 10 metres de llarg. Hom la podria anomenar la palmera de la mar. Tal és el paisatge submarí, les belleses del qual tan pocs hauran pogut admirar.»

Jo no puc dir res sobre aquest paisatge, car he limitat les meves excursions als fangs de les aigües de Barcelona, o a les algues d'escassa

(1) *La plante et sa vie*, per Schleiden, traduït de l'alemany. — Brussel·les, 1859.

dimensió de la rada d'Alacant, on tot és ombrívol, sense altra varietat que la vista dels peixos que potser s'escauen a passar, i les bombolles dels gasos que es fixen i brillen damunt les fulles verd fosc de les algues, semblant a les gotes de rosada que embelleixen els nostres prats. Pel restant, els objectes visibles dessota l'aigua es presenten velats, com si es veïessin a través de la pols que s'aixeca en les carreteres, on tot apareix vague i indeterminat.

Si ens fixem en els animals, la mar presenta els mateixos contrastos: des dels infusoris, que en el grau mínim de l'animalitat semblen no posseir d'aquesta altra condició que la irritabilitat, del cos dels quals, desproveït d'extremitats i de tot orgue conegut, a penes el microscopi ha pogut donar-nos la forma; fins a la balena, el més gran dels mamífers que viuen en la mar, i el creixement de la qual no té límits, l'Occà ofereix una varietat d'animals desconeguda encara, tant per ses formes com per sos hàbits. Cada dia se'n troben noves espècies. La terra és deserta comparada amb la mar: en el si d'aquest resideix una potència vital tan astoradora, que fa sospitar que la mateixa aigua tingui vida.

*El fons de la mar.* — Moltes sondes s'han assajat per a amidar la profunditat del l'Occà i saber la temperatura, la quantitat de sals i de gasos dissolts i la direcció dels corrents en les aigües pròximes al ròi de les mars.

Les dificultats són grans, àdhuc suposant el temps en calma i els instruments perfects; així és que només han pogut obtenir-se les aproximacions ja notades. L'escandall de Brooke per a treure mostres del fons, és el més perfect dels instruments d'aquesta classe. De l'escandall penja un cilindre de ferro, en l'extremitat lliure del qual es posa una capa de sèu i un tub que ha de penetrar en el sòl: perquè el descens sigui ràpid i el forat del tub pugui emplenar-se de les substàncies del fons, i el sèu pugui portar la impressió de les roques i de les fulles dels vegetals, el cilindre travessa una bala de canó perforada, la qual resta en el fons de la mar.

A favor d'aquest escandall s'han tret mostres del fons del planell telegràfic que s'estén des de Terranova a Irlanda. No conec altra descripció d'aquestes mostres i de les de l'Occà Índic i Pacífic, que la de Maury en la seva *Geografia de la mar*.

L'aspecte de la mostra de l'Atlàntic, tret a de la profunditat de 3,700 metres, era fangós; i el professor Balley, hàbil microscopista

de Nova York, va trobar que es componia de petxines calcàries (abundants) i silícees (poc nombroses), sense mescla d'arena i pedruscall.

La de la mar del coral, i de la profunditat de 3.931 metres, consistia en una argila calcària molt adherent, i, segons el mateix professor, contenia: un gran nombre d'espícules silícees de les esponges diàtoms en petit nombre i en fragments; algunes petxines enteres de *coscinodiscus*; molt rars fragments de *canalífers* i una sola entera. Les del Nord de l'Oceà Pacífic i de les profunditats de 1.647, 3.111 i 4.937 metres, eren riques en petxines silícees en un estat de conservació perfecta, les més amb llurs valves, amb la particularitat d'haver-les trobat mesclades amb minerals com quars, horblenda, feldspat i mica.

Viuen aquests animals en aquelles profunditats? Bailey, que en un principi es va inclinar a creure que les pressions enormes que devien resistir eren un obstacle a la vida, sospità després que, atesa la circumstància que la major part estaven unides entre elles, aquestes petxines i mol·luscos viuen en el fons de la mar. Maury creu que no hi ha vida ni moviment possible en aquelles profunditats i que els corrents les han traslladat, després de mortes, a mil i més llegües de distància; però no es fa càrrec que, per a seguir tan llarg camí, i abans que arribessin a una profunditat que dificultés la descomposició de son cos, ja devien haver-se descompost. Si aquestes petxines viuen en la superfície i han estat arrossegades vives pels corrents, i un cop mortes s'han precipitat, llavors el microscopi les trobarà en el corrent del *Gulf-stream*, la qual cosa no s'ha examinat encara, que jo sàpiga.

Aquest és un punt de zoologia que interessa en igual grau a la física: si aquests animals viuen en el fons de la mar, tenim, o que els raigs químics de la llum arriben al fons de l'Oceà, o que la llum solar no és necessària per a tots els organismes, i que la força vital és superior a les majors pressions oceàniques.

*Marees.* — Les marees són produïdes per l'acció atractiva de la Lluna i el Sol damunt la Terra, acció que en les sizigies disminueix el pes dels cossos en  $\frac{1}{300000}$ , que per ésser tan insignificant no la podem apreciar per mitjà d'instruments. En l'atmosfera, com que pesa poc, tampoc es fa remarcar, o almenys el baròmetre l'acusa d'una manera dubtosa; en el foc líquid central, hom creu que hi

ha grans marees i molts dels terratrèmols coincideixen amb elles. En les mars vastes i profundes les marees són notables, i quan aquells tenen una profunditat de 15,000 metres, presenten una intumescència, que podríem anomenar ona de la marea, d'uns quatre o cinc centímetres d'altura i d'un diàmetre que seria el de la Terra, si no fos limitat pels continents. Aquesta intumescència es presenta a l'hora en els dos meridians oposats. Així és que s'experimenten dues marees diàries, mitjançant entre una i altra 12 hores 25 minuts.

Quan el Sol és a l'equinocci (març i setembre) i la Lluna en el seu perigeu (més a prop de la Terra) i propera a l'Equador, tenen lloc les marees fortes; al contrari, quan el Sol és en un o altre dels límits tropicals (juny i desembre) i la Lluna en el seu apogeu (més lluny de la Terra) i separada de l'Equador, llavors les marees són dèbils.

En alta mar no es coneixen les marees; però en les costes són remarcables i produeixen inundacions, sobretot si els vents les afavoreixen. Així com les ones són més elevades i produeixen corrents a mesura que es van apropant a les costes, així també la grandiosa base de l'ona de la marea pren major increment en apropar-se a les costes, perquè tot l'espai que li falta en profunditat el pren en elevació i el transforma en corrent. A Saint-Malo (França), en les «izígies», les marees arriben a tenir una elevació de 15 metres. En el Mediterrani no es coneixen, perquè tenen poca extensió i profunditat.

*Corrents i deriva de la mar.* — Deixant de banda els corrents originats per circumstàncies locals, vents accidentals, huracans i marees, transitòries com les mateixes causes que les produeixen, els corrents constants de l'Oceà són *equatorials* i *polars*.

Els *equatorials* són calents, salats, i corren paral·lels a l'Equador; llur direcció és d'orient a ponent.

Els *polars*, al contrari, són freds, contenen menys sal, corren paral·lels al cercle polar i llur direcció és de ponent a orient.

Els corrents equatorials es transformen en corrents polars, i els polars en equatorials.

La direcció general d'un corrent de l'Equador pres en qualsevol dels tres Oceans i dels dos hemisferis, és la mateixa, i no experimenta altres desviacions que les causades pels continents que troba al seu pas.

Si per a comprendre el curs d'aquests corrents observem una mo-

lècula d'aigua junt a les illes de Cap Verd (Àfrica), la veurem recórrer la línia equinoccial fins a Amèrica, tòrcer el seu camí, deixant el cap de Sant Roc al S., per a entrar en la mar de les Antilles, canal de Yucatan i golf de Mèxic, la costa del qual i la de la Florida recorre completament fins que surt pel nou canal de Bahama; en deixar aquest canal, forma part del *Gulf-stream* (corrent del golf) i es dirigeix vers el N. E., paral·lelament a la costa dels Estats Units, fins als 40° de latitud, prop de Terranova; seguint sempre el *Gulf-stream*, es dirigeix vers orient durant un espai de 500 llegües, torç vers Islàndia, passa entre aquesta illa i Anglaterra i Noruega, els climes de les quals escalfa amb els seus vapors, i va directament als gels de Spitzberg i Nova Zembla, on, després d'haver comunicat el seu moviment i direcció a les aigües que formen el corrent polar, es submergeix, esdevé submarina i alimenta amb el seu calor la mar lliure del Pol Nord, que porta el nom del malaurat Kane.

Si volem seguir la nostra molècula després d'haver recorregut el Pol i donat el seu calor a aquella mar que es manté líquida, envoltada de gels eterns, la veurem a la superfície, deixant el mont Parry al N., i en trobar les illes Franklin i Crozier, la veurem submergir-se per a passar per dessota els gels. Després deixa a l'O. el cap Kennedy i entra per l'estret de Smith en la mar de Baffin, passant a la vista del mont John Ross.

En aquest lloc se li ajuntaran altres molècules arrossegades pel corrent polar que ve de la mar de Melville, de les illes de Parry, de la Terra de Bankhs i Bering, passant pels estrets de Mac-Cloure i de Barrow, per aquell gelat arxipèlag on tants d'herois han sucumbit, víctimes de llur generós entusiasme per les ciències físiques del nostre globus (1). Seguint sempre el corrent per la mar de Baffin, entrarà per l'estret de Davis en l'Oceà Atlàntic, i als 40° de latitud, davant de Terranova, i en trobar-se en el *Gulf-stream*, del corrent del qual ha format part en el seu viatge d'anada, esdevindrà submarina i passarà a l'Equador a rebre una nova quantitat de calor, que transportarà novament i pel mateix camí a la mar de Kane.

(1) Des dels desgraciats germans Costeal (1500), Hudson, Joan Munk (1610), fins a John Franklin (12 Juny 1847), que cercaren el pas del N. E. de l'Atlàntic al Pacífic, trobat per Mac-Cloure (1851-1853), fins al mar lliure que Kane va trobar en 1854; aquestes mars i aquestes terres foren la tomba de milers de braus marins.

El corrent descrit es bifurca mantes vegades durant son camí, i la més notable d'aquestes branques és la que separa als 42° latitud N. i 40° longitud del meridià de Barcelona i va directament a la península ibèrica, torç davant el cap de Sant Vicents i, després d'haver recorregut la costa d'Àfrica, torna a ajuntar-se en les illes de Cap Verd corrent equatorial. Aquest circuit deixa en mig les aigües més tranquiles de la mar de Sargars (les praderies de Colomb).

El mateix succeeix en l'Atlàntic Austral, en l'Oceà Índic i en el Pacífic; ço és, els corrents equatorials, en llur camí vers el Pol, produeixen branques que formen circuits.

Es polars de les tres mars es comuniquen entre ells, els boreals amb els boreals i els australs amb els australs; aquests darrers, com que no troben terres, no es desvien i formen una circumferència exactament paral·lela al cercle polar antàrtic.

La força viva d'aquests corrents no pot menys de comunicar-se a totes les aigües de la mar; així és que tota la mar obeeix a aquests moviments, i veu's aquí perquè pot dir-se que la mar deriva com els corrents.

La constància dels vents alisis que dirigeixen les aigües superficials vers l'Equador i ponent, potser és la causa més poderosa d'aquests corrents: aquesta és l'opinió de Benjamí Franklin, Romme, Jorge Juan i altres hidrògrafs notables, si bé Maury, director de l'Observatori astronòmic de Washington, el célebre geògraf de les mars, creu que la causa principal d'aquest moviment és la major quantitat de sal i de calor que tenen les aigües a l'Equador.

*Ones.* — Amidar l'elevació de les ones durant les tempestats és una operació difícil, arriscada, que requereix una fontalesa d'espèit pròpia de les ànimes elevades, que a tot interès sobreposen el de la ciència. Per això s'han realitzat pocs experiments i no està suficientment comprovada la major altura que assoleixen les ones durant les tempestats.

L'enginyer hidrògraf Emy diu que per a molts marins la major altura és de quatre metres i que Goimpy, oficial de marina citat per La Coudraye, assegura haver amidat ones de tretze metres d'elevació.

Els oficials de la *Bonita* i els de la *Venus*, en els ja citats viatges, assenyalen com a límit de les ones més grosses sis i vuit metres; mentre que M. de Missiessy, oficial del bric *Le Sylphe*, diu que, en la tempestat

del 9 al 22 de febrer de 1841, i junt a Las Azores, va amidar ones de tretze i quinze metres d'elevació.

Sobre la velocitat de propagació s'han obtingut dades molt incompletes: n hi ha de 7, de 14 i de 28 llegües per hora; però com que els que indiquen aquestes velocitats no ens diuen res que es refereixi a la base i altura d'aquestes ones que es propagaven amb velocitats tan diferents, poc o no res ens ensenyen. La cosa és molt difícil, certament, i molt arriscada.

Letrone assegura que les aigües de la mar estan tranquiles des de la profunditat de trenta metres. Boyle (*Diccionari de ciències naturals*), Belidor (*Arquitectura hidràulica*), Lagrange i altres pensen que és menor la profunditat assolida per les ones; mentre que Bremontier (*Investigacions sobre el moviment de les ones*), Poisson i alguns dels que creuen que el moviment d'aquestes és purament oscil·latori, opinen que en la vertical ateny fins al fons de la mar. Aquesta opinió és combatuda per Emy (*Del moviment de les ones*): la seva teoria consisteix en el moviment orbital, més o menys el íptic, de les aigües de què es compon una ona: a aquesta teoria van venir a parar Airy i altres savis anglesos. Malgrat això, Emy creu que en alguns casos les ones remouen les aigües a molta profunditat.

A les darreries del segle passat, la Societat de Ciències de Copenhaguen, per a posar en clar aquesta qüestió, va proposar un premi per al que resolgués aquest problema: *Com i en quina relació estan l'altura la base i la longitud de les ones, amb les dimensions de les aigües en què es formen*. La resolució d'aquest problema es va declarar impossible, segons afirma Bremontier (1), tant per la Memòria llorejada com per la mateixa Acadèmia. Posteriorment no hem pas estat més sortosos, i encara ignorem la relació que existeixi entre les ones i la quantitat d'aigües remogudes.

Només de la inspecció de les ones es pot deduir el camí que s'hauria de seguir per a trobar el límit de llur acció: veu's aquí com les considerava el nostre Jorge Juan en el seu *Examen Marítimo*: «En les ones, la potència que actua és la gravetat de la mateixa ona. Si per qualsevol accident s'eleva part de la superfície del matix fluid, la seva gravetat l'obliga, després d'haver adquirit la seva major eleva-

(1) *Recherches sur le mouvement des ondes*, per Bremontier.— París, 1809.

ció, a descendir i pendre igual disposició i figura cap avall que la que va tenir cap amunt, puix l'acció i la reacció són iguals.»

D'aquesta senzilla exposició resulta: que les accions i reaccions tenen lloc en la superfície, que en ella es realitza un deïv. il. proporcionat a la força que l'origina i que qualsevol altre moviment no manifestat en la superfície ha d'ésser poc considerable i ha de representar l'enllaç entre l'acció i la reacció.

El ja citat enginyer hidrògraf Emy (1), malgrat e'ncedir que el moviment de les ones pot ésser bastant profund, diu: «L'acció d'una força s'afebleix transmetent-se; de la qual cosa tenim una prova en la propagació dels sons, de la llum i de les mateixes ones en la línia horitzontal, les quals disminueixen a mesura que s'allunyen de llur origen, arribant per fi a llur completa extinció. Això explica que les tempestats que es formen en alta mar moltes vegades no alteren la calma en les costes. El mateix raonament pot fer-se respecte al moviment vertical de les ones...

Aquestes consideracions proven que el moviment d'ondulació ha de tenir un límit dependent de la violència de l'agitació superficial i no de la profunditat de l'aigua, moviment que, passat aquest límit, ha d'ésser nul.» (2) Quin serà aquest límit?

La resistència que ofereix la cohesió molecular de l'aigua, segons

(1) *Du mouvement des ondes*, per Emy. — París, 1831.

(2) Sobre aquesta qüestió podran consultar-se útilment Newton, Lagrange, Airy i altres que cita Flanchat en l'obra *Navegació transoceànica*. París, 1866, de la qual extracto les següents notes:

LAGRANGE: ...de manera que si l'observació donava a conèixer la distància (en profunditat) a la qual el moviment és insensible, la velocitat de la propagació de les ones en la superfície seria proporcional a l'arrel quadrada d'aquesta distància; i reciprocament, si aquesta velocitat es mesura directament, podrà deduir-se la petita profunditat a què arriba el moviment.

POISSON: Les coses no passen d'aquesta guisa, respecte a la transmissió del moviment, en sentit vertical. En efecte; el moviment en aquest sentit no s'interromp bruscament: les velocitats i les oscil·lacions de les molècules disminueixen a mesura que hom s'enfonsa dessorra la superfície; i la distància a la qual es pot mirar com insensible, admetent per un moment que sigui molt petita, no és una quantitat determinada que pugui entrar, com se suposa, en l'expressió de la velocitat en la superfície....

Els espais que recorren les molècules de l'interior del fluid, situades dessorra la commoció primitivament produïda, decreixen segons, la raó inversa de la profunditat o el seu quadrat, segons si el fluid és contingut o no en un canal; de guisa que, a molt gran distància del lloc de la commoció, el moviment deu ésser més sensible en la superfície que en la massa líquida. No obstant, la llei del decreixe-

Coulomb, és també, com l'adherència, independent de la pressió i proporcional a les superfícies que estan en contacte; però creix com el quadrat de la velocitat i com les relacions de la mateixa en les diverses capes d'aigua, que en la mar es mouen en diferents velocitats.

De la resistència que ofereixen la cohesió molecular i la inèrcia en tenim un exemple en deixar caure des de certa altura un cos pesat damunt l'aigua; aquest cos no solament produeix ones, sinó que demés aixeca una quantitat d'aigua en forma de sortidor. L'aigua aixecada ha estat comprimida entre el cos pesat i la resistència que han oposat les altres parts del líquid (1); perquè és clar que sense aquestes resistències, sense cap ondulació, es transmetria el moviment de l'un a l'altre extrem del líquid. Tota força mecànica que obri damunt la superfície de la mar produirà el mateix efecte: aixecarà ones. No podent comunicar-se el moviment en sentit horitzontal d'una part del líquid a l'altra, amb la mateixa rapidesa amb què obra la força del vent o la de gravetat de la mateixa ona, és clar que les aigües cediran per la part que trobin menys resistència, és a dir, en plans reflexius a la incidència del vent, ço és, en ones i ondulacions: forma que s'explica per la resistència, cada vegada menor, que l'aigua remoguda troba en el sentit inclinat: la qual cosa ha de donar necessàriament a aquestes aigües una superfície corba. Ja que les forces i resistències indicades ens donen una idea de la formació de les ones, podem establir, sense separar-nos molt de la veritat, que una ona molt alta respecte de la seva base ha de produir un efecte bastant instantani: si instantàniament aixeca una ona d'iguals dimensions, és molt lògic admetre que el seu efecte no ha estat profund, ja que les resistències comencen en la línia de nivell primitiva i des d'aquest punt augmenten cap avall i disminueixen cap a dalt, essent tant més grans aquestes resistències quant més gran és la velocitat. Com que el moviment és

ment en el sentit de la profunditat no és en tanta manera ràpida que el moviment no pugui encara fer-se sentir a grans profunditats.

CANBY: .....mentre que una ona s'allunya del centre de moviment, a distàncies creixents com els quadrats dels temps, les seves altures decreixen en la mateixa raó. D'aquesta llei s'esdevé que cada ona, a mesura que avança, guanya en amplitud el que perd en altura i el volum del fluid que tanca resta constant: i esdevé també que, dintre d'un temps molt curt, s'estén i s'aixafa, fins a esdevenir insensible.

(1) Aquesta base que se'm va ocórrer en tractar de l'estudi de les ones en 1860, s'ha ocórrut també al citat enginyer Flachet en 1866 en tractar el mateix assumpte, referit a les resistències que ofereix la mar a la navegació flotant.

menys ràpid en una ona d'ampla base i de molt poca altura, les resistències són més fàcilment vençudes, perquè el moviment no ha d'ésser tan ràpid, i en realitat aquestes són menors i donen lloc que el moviment es propagui a major profunditat. L'altura, doncs, de les ones indica la velocitat de transmissió, i la mida de llur base assenyala la profunditat.

Els experiments que sobre aquest punt he realitzat amb el meu Ictíneo semblen donar com a cert que la base multiplicada per la velocitat que indiqui el desnivell de l'ona, dona com a producte la profunditat de les aigües remogudes. El desnivell real és la meitat de l'altura de l'ona.

Coudraye, Bremon tier i altres que creuen que la magnitud de les ones depèn de l'amplada i profunditat de les aigües on es formen, i que sospiten que el moviment de les ones arriba fins al sòl de les mars, citen, entre altres, els dos següents fets:

1.<sup>er</sup> Que les ones no troben prou fondària en el banc de Terranova per a desenrotllar-se; i 2.<sup>on</sup> Que a San Juan de Luz, sobre les roques anomenades Artha, que estan a 16 metres dessota l'aigua, les ones majors d'un metre, en passar per damunt d'aquestes roques, assoleixen major elevació.

Però n Bremon tier ni Coudraye ens diuen si quan van fer aquestes observacions hi havia o no corrents, provinguessin de la marea o del vent; circumstància molt essencial per a poder apreciar aquests dos fets. Suposo que no hi havia corrent, ja que aquesta suposició és a favor de la major quantitat d'aigües agitades per les ones.

L'altura i la base de les ones regulars estan en relació de 1 a 4; així, amidant per aquella regla les observades per Bremon tier a San Juan de Luz, trobarem que  $\frac{1}{6}$  del moviment d'aquestes ones ha estat modificat en la direcció del pla que presenten les roques Artha, que pels resultats sospitem que serà inclinat cap a la superfície. Les roques estan a deu metres; la meitat de l'altura de les ones és de 0 50 metres; la base, de 4 metres; la velocitat, 3'132 metres per segon; doncs, és de 12'5 metr s la profunditat assolida per una ona d'un metre d'altura i quatre de base. És natural, doncs, que les ones siguin més elevades sobre Artha que en els seus encontorns.

El banc de Terranova és a una profunditat que corre des de 80 a 160 metres; per a la primera no podran desenrotllar-se ones de 4 metres d'altura per 16 de base, i per a la segona, de 6 metres d'altura

per 24 de base; i essent les velocitats respectives, indicades per la meitat de l'altura, de 6'264 i 7'672 metres per segon, assoliran respectivament profunditats de 100 i 200 metres. Com que aquest banc té moltes llegües d'extensió, la superfície que el cobreix ha de presentar ones majors o menors, d'un moviment més o menys ràpid, i sobre els alts fons ones ampollades, segons si hi ha o no hi ha corrents i segons la direcció d'aquelles respecte d'aquestes.

Les ones que no tenen suficient espai o per a desenrotllar-se o per a propagar-se, com que la causa del moviment subsisteix, han de convertir-se en corrents; no conceïrem altres formes de moviment en les aigües; per tant, lla on no pot tenir lloc el moviment oscil·latori o el líptic, s'ha de desenrotllar el corrent. Així és que les ones, adés són afavorides, adés contrariades pel sol més o menys elevat o pels corrents que tenen una direcció contrària i igual a ells. Un corrent contrari a les ones retarda el moviment d'aquestes, alterant llur base i altura, guanyant en aquesta i perdent en aquella. Un corrent d'igual direcció a la de les ones eixampla la base d'aquestes a despeses de llur altura. Així, el corrent vers el NE. que recorre la costa oriental de l'Amèrica del Nord, en passar sobre el banc de Terranova, augmenta l'altura de les ones que vénen del NO., i la disminueix quan la direcció d'aquestes és la mateixa del corrent. Si ambdós tenen molta levació i poca base, es presenten ampollades o picades.

*Corrents promoguts pels vents.* — El vent, demés de promoure ones, obra damunt una massa d'aigües i tendeix a elevar-la. Aquesta tendència es manifesta en corrents: la direcció de la superficial és la mateixa del vent, i el seu efecte és acumular aigües en la zona subjecte a la seva acció. Aquesta acumulació ha de promoure altres corrents en tots sentits i entorn de la massa d'aigües desnivellada; car, si no fos així, tindrien de formar-se grans planells d'aigua, com se'n formen d'arena en les platges on la mar la llença abundantment.

El primer efecte, doncs, del vent, és produir ones, que es transformen en grans ondulacions, i alçar damunt d'aquestes noves ones, noves ondulacions; de faiscó que la superfície de la mar, mentre bufa el vent, presenta una gran agitació, una vasta complicació de vaia-des corbes. És impossible determinar directament la força esmerçada en aquestes pertorbacions. Ignoro quina sia la llei que regeixi els

corrents marítims: però m'atreveixo a establir alguns principis, si bé no com a certs, almenys com a molt probables, i perquè serveixin de fonament o guia en els estudis que sobre els corrents submarins puguin fer-se amb l'Ictíneo.

Suposo, doncs, el que segueix:

1.<sup>er</sup> La velocitat dels corrents produïts pels vents depèn de l'altura de les aigües acumulades en la zona on domini el vent.

2.<sup>on</sup> L'aigua, per posar-se a nivell, ha de vèncer resistències, les quals suposen un temps esmerçat; essent la causa del desnivell constant, el desnivell serà major que el que indiqui la unitat de temps i la de la força del vent; car l'augment de desnivell és en raó directa de les resistències que trobi l'aigua per a nivellar-se.

3.<sup>er</sup> Exercint l'aigua una pressió igual en tots sentits, la quantitat desnivellada imprimeix un moviment a la que està nivellada; així, quan es posa a nivell, hi ha moviment en la superfície i dessota la superfície de l'aigua.

4.<sup>rt</sup> L'aigua no pot assolir la velocitat que indica el seu desnivell perquè la resistència de la cohesió molecular creix amb el quadrat de la mateixa velocitat.

5.<sup>è</sup> La quantitat d'aigua desnivellada, dividida pel perímetre de la seva base, multiplicat per la velocitat que el desnivell indiqui, donarà per quocient la profunditat que assoleixi el corrent.

6.<sup>è</sup> La direcció del corrent és indicada pels radis de la massa d'aigua desnivellada.

7.<sup>è</sup> Sempre que un corrent estigui interceptat per un pla inclinat, ja format pel sòl o pels costats, augmentarà de velocitat, en raó directa de la quantitat de moviment de la massa interceptada.

8.<sup>è</sup> Dos corrents de direccions perpendiculars entre ells poden donar lloc a remolins.

Partint d'aquests principis, he format el següent estat, que té aplicació a l'extensió dels nords en el golf de Lió, que suposo dominen en un espai de 300 miriàmetres i que llur perímetre és de 60; i segons sigui la pressió o velocitat del vent, veu's aquí els resultats que donaria si solament una dècima part de la seva força fos esmerçada en acumular aigües, havent estat extingides les  $\frac{9}{10}$  en promoure l'agitació superior i formació de les ones:

	Velocitat del vent		Relació del vent amb les veles dels vaixells	Pressió del vent sobre un mc. en quilograms	Nombre de tones que desnivellarà per segon el 1/10 de la pressió en una àrea de 300 mètrikmetres	Altura del desnivell en mètrikmetres	Velocitat del corrent, en mètrik	Profunditat del corrent, en mètrik		
	Milles per hora	Metres per segon								
	Noms dels vents i nombres amb què s'expressen									
Normals	0	Calma .....	"	"	"	"	"	"		
	1	Ventolina .....	0'5	0'23	Suficient per a governar ...	"	"	"		
	2	Vent molt fluix ..	1'0	0'45	"	0'021	63,000	"		
	3	Vent fluix .....	2'0	0'90	"	0'085	255,000	"		
	4	Vent galènic ....	3'0	1'34	"	0'180	540,000	"		
	5	Vent galènic ....	4'0	1'38	"	0'340	1,020,000	"		
A occidentals	4	Vent de bonança ..	5'0	2'23	"	0'530	1,590,000	"		
	4	Vent de bonança ..	6'0	2'70	"	0'800	2,400,000	"		
	5	Vent fresquet ...	10'0	4'47	«Sobre joanets», etc.....	2'000	6,000,000	0'2		
	6	Vent fresc .....	15'0	6'70	Gàbles sobre un ris i «joanets» .....	5'000	15,000,000	0'5	0'100	250
	7	Vent frescot .....	25'0	11'17	Des rissos i «foque» .....	13'000	39,000,000	1'3	0'153	424
	7	Vent frescot .....	30'0	13'41	"	20'000	60,000,000	2'0	0'198	555
	8	Vent fort .....	35'0	15'65	Tres rissos i majors.....	26'000	78,000,000	2'6	0'224	576
	9	Vent molt fort ..	45'0	20'11	Tots els rissos i majors.....	43'000	129,000,000	4'3	0'291	738
	10	Temporal .....	60'0	26'82	Trinquet i gàbia amb tots els rissos.....	76'000	228,000,000	7'6	0'386	932
	11	Tempesta .....	80'0	35'77	Veles de ganivet de capa...	136'000	408,000,000	13'6	0'504	1,349
	12	Huracà .....	100'0	44'71	A pal sec .....	214'000	642,000,000	21'4	0'637	1,679

D'aquest estat es dedueix que els corrents produïts pels vents, en mars lliures són impotents per a deturar en llur marxa els ictin's.

*Huracans.*—Segons mants autors (1), entre ells Reid (2), Becher (3) i Lartigue (4), l'huracà és un vent giratori d'una gran força, que comença ordinàriament prop de l'Equador, i la direcció general del qual és d'Orient a Occident, inclinant-se vers el NO. fins als 20° de latitud boreal i des d'aquest punt vers el N. i NE. en el nostre hemisferi; i en l'austral al SO., i després al S. i al SE. El remolí o vent giratori que segueix aquest camí, forma una cicloide, i si s'estaciona, un cercle: aquestes en el nostre hemisferi es dirigeixen d'E. a S. a O. i N. L'huracà s'anuncia produint un descens ràpid en el baròmetre de mercuri.

La corba parabòlica que segueix l'huracà en la seva marxa progressiva, té una extensió de 4 a 7,000 quilòmetres i la recorre amb una velocitat varja: de vegades s'estaciona: adés és de 2 metres, adés de 4, adés de 12, adés de 20 per segon (aquesta correspon a unes 45 milles per hora).

Quan es dirigeix vers ONO., que és en els primers dies i prop de l'Equador, la seva velocitat és menor que quan es decanta vers el NE (5).

(1) Ven's aquí com Golterry descriu l'huracà o «tornados» que ha observat a Sierra Leona, segons Charles Romme, autor dels *Quadres dels vents, de les marces i dels corrents*, de l'*Art de marina*, de l'*Art de l'arcordura i velam*, de la *Ciència de l'home de mar*, etc.:

En el cel, que poc abans era transparent i l'atmosfera en completa calma, apareix un núvol de forma circular i d'un diàmetre aparent de 5 ó 6 peus. Després l'aire s'agita, i les fulles i les herbes són aixecades del sòl i giren circularment com el vent. El núvol que poc abans es veia en les més elevades regions de l'atmosfera, esdevé més gros i més dens i cobreix una gran part de l'horitzó. Llavors el remolí augmenta, la seva velocitat creix i la seva violència és espantosa: romp els arbres o els arrenca de soca-rel; enderroca les cases, i els vaixells ancorats en els encontorns són llençats els uns damunt els altres, i després d'una duració de quinze minuts, el «tornados» acaba amb un aiguat.

(2) *Now tractat de les lleis de les tempestats i vents variables*, per Reid, traduït pel brigadier de l'armada Vicarrondo. — Càdiç, 1857.

(3) *L'agulla de les tempestes*, traduït per don Miquel Lobo, brigadier de l'armada. — Barcelona, 1856.

(4) *Essai sur les ouragans*, per Lartigue, capità de vaixell. — París, 1858.

(5) Poso per exemple dos d'aquests huracans:

El que va bufar des del 12 al 18 d'octubre de 1750, anomenat el gran huracà. Les longituds es troben referides al meridià de Londres. Les latituds són boreals. Comença longitud 58° 20', latitud 12° 30'; va a parar a la mateixa longitud

Es fàcil de concebre que amb qualsevol de les indicades velocitats, ha de produir davant i en els costats una agitació independent del remoli i que només es deu a la marxa de l'huracà: agitació que dona major impuls a les ones que aquest despedeix en tots sentits.

El diàmetre del remoli és de 50 a 1,000 milles. Com que la seva força és major en la zona central que en la de la perifèria; i essent:

La força de l'huracà violent. ....	214	quilog.	per	metre. <sup>2</sup>
La de l'ordinari .....	136	»	»	»
La del vent impetuós. ....	20	»	»	»
La del vent. ....	3	»	»	»

i suposant que aquests quatre vents obrin sobre un espai d'igual extensió cadascun, que el promedi sigui de 100 quilograms de pressió per metre quadrat i que el radi de la superfície subjecta a aquesta pressió sigui de 500 quilòmetres, tindrem que l'huracà, dedudes les  $\frac{9}{10}$  parts

de la seva força destinada a produir l'agitació superior, desnivellarà uns 7,000 milions de tones per segon, que produiran un corrent de 3 milles per hora, i a una profunditat major de 150 quilòmetres; i per consegüent, no sols és capaç de remoure amb prou força el sòl on es clava l'àncora, sinó les fondàries més grans de l'Occà. Encara posseeix l'huracà una altra força major que aquesta.

Com que tot moviment circular desenrotlla una força centrífuga, l'huracà, animat d'una velocitat de 100 milles per hora, llença l'aire superior a grans distàncies; de fàisó que, en tota la zona on domina, es nota una falta remarcable de pressió atmosfèrica, indicada pel baròmetre de mercuri.

passant per Puerto Rico i Haití, i assolint el sinus parabòlic la longitud de 70°. L'extensió de la corba és de 4,200,000 metres i la velocitat de 8 per segon.

El del 6 al 14 d'octubre de 1846.

Comença a ésser observat a longitud 78°, latitud 14°; i va a parar a longitud 62 i latitud 53°, ço és, a Labrador, començant a Cartagena.

La corba assoleix 83° longitud, passant per Florida, Charleston, Nova York, etcètera, ciutats que tenen el focus a l'O. L'extensió de la corba que recorre, en els sis primers dies, és major de 2,100,000 metres, i la seva velocitat és de 4 per segon; i l'extensió que té la corba en els dos darrers dies 13 i 14 és de 2,700,000, i per tant, va tenir una velocitat de 15 metres per segon, essent major en el darrer dia 14, que és una corba de 1,666,000 metres i que és per segon d'uns 20. És a dir, que comença amb una velocitat de 4 i acaba amb una de 20 per segon.

Hi ha observacions a milers que proven aquesta falta de pressió: de vegades, la columna de mercuri ha de descendir 76 mil·límetres; el terme mitjà és en 38. Ara bé: succeirà en l'aigua, subjecta a l'acció de l'huracà, el que succeeix a la columna de mercuri? Per a mi és indubtable. La falta de pressió que es noti en l'espai on imperi l'huracà, ha de produir una intumescència en les aigües i el nivell més elevat d'aquestes s'haurà obtingut a despeses de les aigües de la resta de la mar, on la pressió atmosfèrica s'exerceix amb tota la seva força. Quin serà aquest desnivell? La columna baromètrica ho indica. El mercuri és 13'254 vegades tan pesat com l'aigua de la mar; essent el descens de 38 mil·límetres, l'ascensió del desnivell d'aigua ha de ésser de 50 centímetres.

Quan l'huracà abandoni la mar per a endinsar-se en les terres, aquesta massa d'aigües que estava en suspensió, seguint el camí de la tempesta, es transforma en un corrent, la velocitat del qual és de 3 metres per segon o d'unes 7 milles per hora, i per al qual no hi ha profunditat que no pugui assolir. Així és que quan passa per una de les Antilles, despedeix corrents i grans ones vers altres illes que per llur situació no han pogut adonar-se de l'huracà.

La velocitat dels vents no és constant; i per això la força centrífuga de l'huracà tampoc ho és. Aquestes variacions en les velocitats dels vents són indicades per les oscil·lacions de la columna baromètrica, les quals ens demostren que la quantitat d'aigües desnivellades que porta l'huracà, sofreix contínues alteracions: adés augmenta amb la velocitat del vent, i determina un corrent vers el centre de la tempesta; adés minva i se n'estableix una altra en sentit contrari. Aquests vaivens promouen una agitació submarina molt semblant a un bullidor, que ha d'interrompre el curs del corrent irradiat, el qual estaria establert d'una manera normal si la velocitat del vent fos constant.

L'huracà és també, en ço que esguarda la navegació submarina, un fenomen digne de la major atenció: conegudes les lleis a les quals està subjecte, són conegudes les regles de les agitacions de les aigües; i d'aquesta fàcil els ictinis podran alliberar-se'n, passant-hi per sobre, si el corrent submarí ha d'aconduir-los a les costes, i per des-sota, si és en mars lliures.

La formació dels huracans es deu, segons Romme, Lartigue i altres, a dos vents de direccions perpendiculars entre elles; i àdhuc, segons

el primer, a molts i oposats corrents d'aire; i, a parer del segon, a dos, també oposats. Generalment es produeixen prop de l'Equador i en determinades èpoques.

Aquesta tempesta, la periodicitat de la qual està tan íntimament relacionada amb el moviment de la terra i amb els vents que hi dominen; que té uns límits tan marcats en un i altre hemisferi, i el rumb de la qual és el mateix que segueix constantment el corrent més elevat de la nostra atmosfera, sembla indicar la intervenció de les mateixes causes que produeixen els alisis. Però, quina serà la que termini el fenomen? Com és periòdica, no és accidental com l'aglomeració de vapors i altres que hom podria citar, que totes obren per tot arreu i produeixen vents, i no obstant, no promouen aquestes horribles tempestes, «tornados» i «sifons» de l'Atlàntic i el Pacífic.

---

Els moviments a què estan subjectes les aigües de la mar, de les causes i valors de les quals acabem d'ocupar-nos, sofreixen grans alteracions, adés modificant-se entre ells, quan obren dos o més en-sems, adés per les desviacions causades pels sòls i les costes.

Així és que els corrents generals, ocasionats pel moviment giratori de la terra, que deurien dirigir-se constantment d'E. a O., reforçats pels alisis de NE. i SE. a l'Atlàntic i al Pacífic, adés són afavorits, adés contrariats per les marees; i els resultants són encara desviats per les costes. Malgrat aquesta concurrència de causes, resulten corrents generals, dels quals ja he tractat.

El que succeeix en mants punts del globus, on les marees arriben a l'altura de 16 metres, quan són afavorides pels vents, és degut a la disposició del sòl i de les costes. Saint-Malo, que és un d'aquests llocs, està en un golf que s'assembla a un con truncat; el seu diàmetre major és de dotze mètrics (des de la illa Beac al cap de Hugas) i el menor no arriba a un quilòmetre; la seva generatriu forma un angle de 30° amb l'eix del con. D'aquesta sola descripció resulta que un corrent de qualsevol de les marees de les quadratures ha de causar un gran desnivell en aquelles costes.

A l'entorn de les illes Maldives, segons Pirard i Malte-Brun, es forma un *bullidor gran com una casa*, que potser no tingui altra explicació que els penya-segats escalonats de la seva costa, que desvien

els corrents vers la vertical, convertint les ones regulars de la superfície en ones picades o ampollades: fenomen que, si bé en menor escala, s'ha observat en el banc de Terranova i a l'estret de Gibraltar.

En la tempestat del 21 de gener de 1820, a Warberg (Noruega) l'altura dels rompents de les ones ha arribat a 130 metres; en les roques de Lot (illes Marianes) i en el far d'Edystone (canal de la Manxa), han assolit l'enorme elevació de 150 metres; i en les coves de Kinnán (a Cornualles), en la de Tenerife i en la de l'Infern (cap de Creus), per obertures que han practicat les ones, terra endins, arriben a una gran elevació, en formidables columnes, a guisa d'immensos sortidors.

En general, tota elevació d'aigües que no pugui deduir-se directament de la força d'un corrent conegut, no té altra explicació que la d'una molt insensible afavorida per la forma del sòl i de les costes, les quals presenten un espai cada vegada menor, per on ha de passar la massa d'aigües, animada d'una velocitat petita. Aquesta quantitat de moviment, tan insignificant com se vulgui, interrompuda per la configuració del sòl i de les costes, comunica una major velocitat a les aigües que té a davant; i el desnivell o velocitat d'aquestes és el quocient de la massa multiplicada per la velocitat del corrent i dividida per la quantitat d'aigües alçades en forma de sortidor, d'una velocitat extraordinària.

El vice-almirall sir Carles Adam, en una nota que comunica al coronel Reid, diu: «Després d'un nord moderat (en el golf de Mèxic) veiem ordinàriament forts corrents al S. i SSE., amb la velocitat de 24 a 26 milles per dia...» En el quadern de bitàcola del vapor *Indostan* es consigna que, en travessar una tempesta el 1.<sup>er</sup> de desembre de 1853, anant a la punta de Galle a Madras, es va experimentar un corrent de 46 milles de singladura (*Llei de les tempestes*, pàg. 7, id.) El vescomte de Moncel, en la seva *Exposició de les aplicacions de l'electricitat* (Paris, 1856), cita un corrent de sis milles per hora, experimentat pels vaixells que varen retirar el cable submarí entre Port-Patrik i Donaghadee el 1855: els majors de l'estret de Gibraltar observats fins avui no han tingut major velocitat que la de 5'2 milles per hora.

*En el Manual de la navegació per l'estret de Gibraltar*, publicat sota

els auspicis de l'almirall Hamelin, els autors, enginyers hidrògrafs, diuen:

«Hem estudiat curiosament els fenòmens dels vents, de les marces i dels corrents en l'estret... A l'objecte d'il·lustrar un punt d'hidrografia física, encara dubtós, hem fet nombrosos experiments per a indagar l'existència de corrents submarins que contrabalancedessin l'acció continua dels corrents de l'Oceà vers el Mediterrani: les nostres observacions no indiquen en l'Estret, cap corrent submarí i permanent vers l'Oest. Les sondes ja ens havien fet presentir aquest resultat.»

Els «escarceos» observats a l'estret de Gibraltar s'originen en els caps de Trafalgar, Cabezos, Fraile, Perla i Europa, en les costes d'Espanya; i en la d'Àfrica, a Espartei, Indios, Casba, en els bancs del Almirante i Fènix, i en els caps de Cires i Leona fins a Ceuta. Els que més es perllonguen són els que tenen llur origen a Cabezos i a Malabata, que travessen l'estret i llur fondària és menor en aquesta direcció que en les altres.

Veu's aquí la descripció que en fan Vicedou-Damoulin i Kerhallet (1):

«Potser és l'estret de Gibraltar on més sovint es presenten els fenòmens coneguts amb el nom de «escarceos» (*raz de marés*). Generalment tenen lloc prop de les puntes sortints de la costa, la direcció de la qual canvia bruscament, i prop dels bancs que hi ha en aquests indrets. Es formen instantàniament, sense cap indicatiu precursor. La mar bull com l'aigua dins una caldera. Les ones són curtes, irregulars, buides en llur interior, i sovint s'obren o es despleguen com una vela. En aquest cas són terribles, no solament per a les petites embarcacions, sinó també per als vaixells de mig calat. El vent contribueix que siguin més perillosos. Qualsevol que sia la causa d'aquests fenòmens, només ens consta que els observats a l'estret es formen sempre a les puntes d'angle molt agut i prop de les quals es troben fondàries de poca sonda.»

Horsburg, citat per Reid, diu «que els bullidors es troben, generalment, en paratges on el corrent no és perceptible.» I seguidament Reid afegeix: «He estat espectador a Bermuda del curiós fenomen

(1) *Manuel de la navigation dans le détroit de Gibraltar.* — Paris, 1857.

de les mànegues damunt la mar i he vist sempre prop d'elles una gran extensió d'aigua agitada, semblant en tot a quantes notícies tenim sobre aquest particular. L'experiència, doncs, m'ha convençut que és una mateixa la causa que produeix l'«escarceo» i la mànega. Dirigint mon esguard, en certa avinentesa, a la mar, durant una calma, agitada com he dit, vaig observar un petit núvol perpendicular sobre el bullidor de l'aigua, i vaig seguir mirant-la amb atenció: després de vint minuts va descendir del nuvolet una bomba marina, quedant al moment suspesa sobre el bullidor. Aquestes mànegues, però, moltes vegades no tenen núvol: jo les he observades amb el cel perfectament assereinat. Qualsevol que sigui la causa que les origini, jo crec que a la fi es trobarà que és la mateixa del bullidor, i que es un sol fenomen, amb la sola diferència que les mànegues es desenrotllen quan la causa excitant té gran energia. »

*Lleis d'hidrostàtica referents als ictinis.* — Tot cos submergit en un líquid perd una part de pes igual al del volum del líquid desplaçat. El pes d'un cos surant està en raó directa del líquid desallotjat, i, respecte al desplaçament, en raó inversa de la densitat del líquid. Així és que quant major sigui la càrrega d'un vas surant, major serà el volum del líquid desplaçat, i serà menor quant major sigui la densitat del líquid. Per tant, un cos surant desallotja un volum del líquid de pes igual al del pes surant.

Si la densitat d'un cos submergit en un líquid és igual a la d'aquest, romandrà en el lloc on el col·loquin; immediat a la superfície, en el fons o en mig del líquid; de guisa que el cos submergit semblarà haver perdut el seu pes.

Si la densitat és major que la del líquid on el cos es submergeixi, es dirigirà cap al fons, i aquest moviment serà tant més ràpid quant major sigui la diferència de densitat. Pel contrari: si la densitat del cos submergit i col·locat en el fons d'un vas pot esdevenir menor que la del líquid, anirà amunt amb una rapidesa proporcional a la diferència de densitat, i un cop a la superfície, surarà desplaçant un volum del líquid, de pes igual al del cos.

La densitat d'un cos és igual al pes dividit pel volum. S'ha convençut que la densitat de l'aigua destil·lada i a 4° centígrads, sigui el terme de comparació de la de tots els sòlids i líquids. La unitat és

un decímetre cúbic d'aquesta aigua, i ha rebut el nom de quilogram.

La *densitat*, la *gravetat específica* i el *pes específic* d'un cos són sinònims, i els constitueix el nombre d'unitats en pes que té el volum d'un cos. Així, el pes específic de l'aigua de la mar varia de 1'026 a 1'048, perquè un decímetre cúbic d'aquesta aigua pesa, segons de quines localitats sigui presa, des de 26 a 48 mil·lèsimes més que l'aigua destil·lada a la temperatura de 4°. La densitat de l'aire a 0° i sota la pressió atmosfèrica de 0<sup>m</sup> 76 del baròmetre de mercuri, segons Arago i Biot, és de  $1/170 = 0'001299541$ , i, segons recents experiències de M. Regnault, és 0'001293187; per tant, un litre d'aire pesa uns 1'3 grams.

És, en física, un principi inconcús la igualtat de pressió en els líquids; entenent-se per això que la pressió que exerceix un líquid contingut en un vas, la verifica en totes direccions. La pressió d'un líquid contra una porció qualsevol d'una paret del vas que el conté, és amidada per l'altura de la columna del líquid, partint del punt del vas la pressió del qual hom vulgui conèixer.

Realitzant-se la pressió dels líquids en totes direccions, i suposant un cos submergit en un líquid, és clar que aquest sofrirà una pressió proporcional a la seva superfície, i el mesurament de la qual serà l'altura de les columnes d'aigua corresponents a cadascun dels punts de la superfície del cos submergit. Així, un cub d'un metre de costat, submergit a 10 metres de profunditat dins de l'aigua destil·lada, sofrirà una pressió total de 60,000 quilograms, ço és, 1,430 quintars. Així, un ictini destinat a treballar a 100 metres de profunditat sofrirà una pressió de 2,400 quintars per metre quadrat de superfície exterior.

Malgrat la diferència de pressió de l'atmosfera, segons el seu estat, s'ha pres el promedi de l'altura de la columna del baròmetre de mercuri, que és de 0'76, com a unitat de pressió per a comparar la dels altres gasos i en general de tota força que obri sobre una superfície. Així, la pressió de l'atmosfera sobre un centímetre quadrat, que és de 1'0335 quilograms, és la unitat per a computar les pressions.

Essent el pes de l'aigua de la mar de 1'026 a 1'048 i prenent com a base 1'033, tindrem que l'aigua, per cada 10 metres de profunditat, exercirà sobre un centímetre quadrat una pressió igual a una atmosfera.

Segons Baudrimont, l'aigua es comprimeix a raó de 0'00004965

del seu volum, sota la pressió d'una atmosfera, i aquesta contracció és proporcional des de 1 a 20 atmosferes. A 240 metres de profunditat, el pes específic de l'aigua de la mar ha augmentat d'una mil·lèsima.

L'adherència de l'aigua als cossos sòlids i la seva cohesió molecular són independents de la pressió i proporcionals a les superfícies que estan en contacte i creixen amb el quadrat de la velocitat (1).

La densitat major de l'aigua és de 4°; per tant, la del fons de la mar no pot estar gelada més que en altes latituds.

L'estabilitat dels cossos surants o submergits depèn de tenir el centre de gravetat més baix que el de l'aigua desplaçada: aquests dos centres deuen estar en la mateixa vertical.

El teorema de Torricelli s'anuncia en aquests termes: les molècules d'un líquid sortint per un orifici tenen la mateixa velocitat que si

(1) En ço que esguarda les resistències que troben els vaixells en llur marxa, veu's aquí el que diu John Bourne, enginyer de marina de guerra anglesa, en el seu *Tractat dels propulsors*:

«Jorge Juan, un dels autors més savis que hagin tractat d'Arquitectura naval i les obres del qual són poc conegudes en aquest país (Anglaterra), ha recapitulat els errors dels escriptors precedents (entre ells el cèlebre Newton), per a establir tot seguit una nova teoria de resistència dels fluids, que està en perfecta harmonia amb els principis coneguts de la ciència. Aquest savi autor dedueix també de la seva teoria que els vaixells poden, no solament caminar amb tanta de velocitat com els vents, sinó també més ràpidament: resultat que s'aconsegueix algunes vegades, com saben els marins.»

Veu's aquí com s'expressa Jorge Juan:

«Per aquesta nova teòrica, les resistències són com les densitats dels fluids, com les àrees xocades, com les arees quadrades de llurs profunditats en els mateixos i com les senzilles velocitats i sines de coincidència amb què topea. Però encara hi ha més, perquè aquest és sols el cas en què la superfície estigui enterament submergida en el fluid, i que la part anterior del cos sigui semblant a la posterior: quan hi hagués part d'aquella fora, resulta una nova quantitat en la resistència, que no té cap dependència amb l'àrea xocada i que només resulta de la velocitat; però no és com les simples velocitats, ni com llurs quadrats, sinó com llurs quadrats-quadrats. De vegades resulta també una altra tercera quantitat, que és com els quadrats de les velocitats i com les superfícies xocades, que correspon precisament al cas que fins ara s'ha donat; i àdhuc en altres, altra quarta, que cap dependència té de les velocitats, sinó sols de les àrees xocades. En general les resistències, segons aquesta teòrica, depenen de quatre quantitats distintes, de les quals, segons les ocasions, se n'esvaneixen algunes; i per sort, per l'afer de la marina que ens proposem, resten generalment reduïdes a una de sola, que és la primera de les esmentades: encara que en els casos de moltíssima velocitat no podem excusar el fer atenció a la segona: per ço que es guarda la tercera, única de què hom ha fet cas fins al present sol ésser inútil.» — *Examen marítim teòric pràctic o tractat de Mecànica aplicada a la construcció, coneixement i maneig dels navilis i altres embarcacions*, per Jorge Juan. — Madrid, 1770.

caiguessin dins el buit d'una altura igual a la que amida el nivell des del centre de l'orifici a la superfície del líquid. En virtut d'aquesta llei d'hidrodinàmica, i tenint en compte que la velocitat dels greus en el buit és de 9'8088 m. per segon, tindrem que l'arrel quadrada del producte de 19'6176 per l'altura de la columna d'aigua denotarà la velocitat.

La quantitat de líquid que pot passar per un conducte practicat en un ictini submergit, s'obtindrà multiplicant la superfície del forat per la velocitat. Així, l'aigua que entri en un ictini tindrà una velocitat corresponent a l'altura de la columna d'aigua que tingui damunt, i la quantitat d'aigua que entrarà per centímetre quadrat de l'orifici i la seva velocitat seran proporcionals a la profunditat a què estigui submergit, segons es palesa en el següent estat:

Profunditat en metres	Velocitat en metres	Litres per minut	Profunditat en metres	Velocitat en metres	Litres per minut
10	14	84	800	125	950
20	19	114	900	133	798
30	24	144	1,000	140	840
40	28	168	—	—	tones
50	31	186	1,415	166	1'000
60	34	204	2,000	198	1'888
70	37	222	3,000	243	1'458
80	40	240	4,000	280	1'680
90	42	252	5,000	313	1'878
100	44	264	6,000	343	2'058
200	62	372	7,000	370	2'220
300	76	456	8,000	396	2'376
400	88	528	9,000	420	2'520
500	99	594	10,000	442	2'652
600	108	648	20,000	626	3'756
700	117	702	30,000	767	4'602

Aquestes lleis palesen el perill que passaran els aparells submarins robustesa i forma dels quals no corresponguin a les pressions que hagin de resistir.

Acabo d'exposar tot allò important que ha arribat a la meua oficina sobre l'element líquid que cobreix tan gran part de la superfície terrestre.

La major profunditat de la mar és de 4 llegües de 4,000 metres cadascuna; la seva fosquedat en ple dia és igual a les tenebres de la nit; els seus moviments, considerables en la superfície, són insignificants en els sòls profunds, on, o no existeix la vida, o no ens en podem formar concepte. Hi regna un silenci perpetu; aquelles solituds estan cobertes de precipitacions de tot gènere; de les matèries que arrosseguen els rius; de les restes dels animals maritims i dels naufragis de tots temps. En aquell vastíssim desert, commogut sovint per les forces interiors del globus, existeixen cadenes de muntanyes, s'aixequen puntes que emergeixen en illes i cremen volcans, malgrat les forces que els oposen les aigües. Allí hi ha estudis a fer sobre les lleis físiques i químiques, comparant llurs efectes amb els que tenen lloc en l'atmosfera.

Si passant més enllà de la zona superficial on pul·lulen infinits éssers que tenim el major interès en conèixer, limitada per la penetració dels raigs solars, algun dia ens enfensem en aquelles profunditats on els fenòmens s'acompleixen en un silenci absolut, on no hi ha altra llum que la que llicen els volcans, les erupcions dels quals podrem presenciar; demés de la impressió sublim que ferirà la nostra imaginació, sentirem elevar-se el nostre ésser a aquell grau d'estimació pròpia que inspira confiança en el poder de la intel·ligència de l'home.

## II

### DESCRIPCIÓ I DADES REFERENTS A L'ICTÍNEO

*Índex dels ictinis.* — Com que l'importància dels ictinis depèn de la profunditat a què poden navegar, m'ha semblat que llur designació devia dependre dels índexs de llur fortalesa. Així, amb les denominacions de 5, de 10, de 100, etc., s'haurà d'entendre que poden resistir com a càrrega permanent 5, 10, 100 atmosferes, i que, per tant, poden treballar respectivament a 50, 100, 1,000 metres de profunditat vertical. L'Índex del segon Ictíneo, a què tantes vegades em refereixo en aquest ASSAIG, i que actualment és a la mar, és d'a 5 atmosferes, ço és, pot navegar a 50 metres de profunditat.

*Relacions entre el motor i la profunditat.* — No puc prescindir de continuar en aquest article, com ho he fet en el capítol del motor, els estudis sobre el muscular que vaig fer quan no posseïa l'inanimat i que em van servir en els meus primers assaigs. Demés, com que ells són la base de l'aplicació de la força en navegació subaquàtica, tot el que sobre ells estableixi queda assentat com a regla per als altres motors.

Ja hem vist en el citat capítol que el mínimum d'espai, el mateix en el vaixell exterior que en la seva cambra submarina, que es pot concedir a un home, és de 2,290 decimetres cúbics; suposant, doncs, un ictini d'aquest volum (aquesta suposició la faig per a establir una unitat), vejam a quina profunditat podria navegar.

Aquesta depèn de la força motriu i ambdues estan relacionades amb la velocitat en el descens; i per les consideracions que després veurem, resultarà la veritat del següent principi:

«Per navegar a grans profunditats i baixar-hi ràpidament, cal utilitzar grans forces i, per consegüent, grans ictinis.»

Aquest principi és vertader, perquè la pressió augmenta la densitat sota tres aspectes: 1.<sup>or</sup>, contraent la cambra i reduint-la a un espai menor; 2.<sup>on</sup>, augmentant la densitat de tota la fusta (1) utilitzada en la construcció del cos exterior; 3.<sup>or</sup>, fent sensibles les vies d'aigua, per lleus que siguin en flotació. Sense aquestes tres causes podria conservar-se exactament la densitat primitiva (o de flotació) de l'ictini, baixar cap al fons per la sola força propulsora, seguint una línia inclinada i parant-se quan convingués i dirigir-se après a la superfície per l'acció del mateix propulsor, descrivint una altra diagonal com en la submersió. Però la pressió, obrant ja com he explicat, fa que la nau submarina sigui més pesada i es dirigeixi amb velocitat creixent vers el fons, i quan aquest és gran o desconegut, les esmentades circumstàncies constitueixen un veritable perill.

L'augment de densitat, doncs, està en raó directa de la pressió i, segons he pogut col·legir dels experiments realitzats amb els dos

(1) Continuaré dos experiments ben observats:

1.<sup>or</sup> Una peça de pi de Flandes, sense reïna, que, mullada per les pluges, va tenir una densitat de 0'603, submergida durant deu dies a dotze metres de profunditat en la mar, va assolir la de 0'845.

2.<sup>on</sup> Un altra de pi del país, un poc verd, essent la seva densitat 0'8145, després d'estar 24 hores a una profunditat de 112 metres, va assolir la de 0'9022.

Ictíneos de fusta fins a 30 metres de profunditat, la proporció és de 0'0001 per metre de descens vertical.

Essent el volum de l'ictini proporcional a la força del motor, augmentant la seva densitat segons la pressió i depenent el temps en què pugui esmerçar la unitat de la força del que s'esmerci en el descens, és clar que pot establir-se una equació que indiqui per a cada ictini el límit de la profunditat a què pot descendir.

Com que en el primer Ictíneo no vaig establir veixigues natatòries, els càlculs que indiquen el límit del descens estaven basats en l'amalgatzament de força que es feia durant el mateix descens; càlculs fundats sobre supòsits que després els experiments van corregir.

*Resistència.* — Per al motor home i un individu, el volum d'un ictini és de 2,290 decímetres cúbics, els quals, si la cambra i el cos exterior són de fusta, es contrauran en la quantitat de 0'0001 per metre de descens vertical; doncs, multiplicant aquestes dues quantitats entre elles i après per la profunditat, ens donaran una part del valor de la resistència, el qual serà complet, si afegim un pes addicional (que és de 1 per 1,000 del de l'ictini) i multipliquem el tot per la mateixa profunditat.

$$(a) \quad 2,290 \times 0'0001 \times \text{profunditat} (+ \text{pes addicional}) \\ 2,290 \times \text{profunditat} = n \text{ quilogràmetres}$$

El producte és la *resistència*, la qual depèn de la profunditat en metres.

La quantitat 1 per 1,000 en pes addicional imprimeix una velocitat de descens de 0'30 metres.

*Potència.* — El motor home dona en força útil, és a dir, en aigua expel·lida de l'ictini, 4'5 quilogràmetres (1), que, multiplicats pel

(1) Les soles dels èmbols i les estopes de les caixes absorbeixen una quantitat de treball que Langsdorf expressa amb la següent fórmula:

$$n D H;$$

D, diàmetre de l'èmbol en metres;

H, pressió de l'aigua sobre l'èmbol, expressada en metres de altura;

n, coeficient igual a 7 pel cilindre de bronze polit; a 15 pel de ferro colat allisat al torn; a 25 pel de fusta polida, i a 50 desgastada per l'ús.

L'autor considera que la fricció és independent de l'altura de les soles o guarnicions de les estopades, i expressa aquesta pèrdua en quilogràmetres per

$$n D H V$$

V, velocitat de l'èmbol en metres.

temps de llur esmerçament en segons, ens han de donar una quantitat igual a la de la fórmula (a). Aquest temps és la profunditat en metres, dividida per la velocitat en el descens vertical que he dit que és de 0'30 per segon.

Tenim, doncs, com a vertadera expressió, ateses aquestes circumstàncies, del motor home:

$$\frac{\text{La profunditat}}{0'3} \times 4'5 = n \text{ quilogràmetres}$$

Com que en la resistència i en la potència tenim un mateix terme desconegut, igual i comú a una i altra, hem de cercar-lo per aproximació fins que en trobem un que doni en ambdues equacions el mateix nombre de quilogràmetres: per al cas present 56 metres de profunditat satisfan aquesta condició.

Per consegüent, per al motor home i sense veixigues natatòries, el límit de la profunditat és de 56 metres; però, com que hem suposat un treball normal que es fa sense grans fatigues, podria arribar el límit a 80 i àdhuc a 100 metres, desplegant un esforç extraordinari.

El segon Ictíneo està proveït de veixigues natatòries, en s'ama-gatzema una força tant més gran quan sigui la profunditat a què s'intenti la submersió. Llur volum és de 0'800 metres cúbics i el de la cambra i vaixell exterior és d'uns 30 metres cúbics.

Hom injecta en les veixigues uns 400 litres d'aigua, mentre que el coeficient de contracció a 50 metres de profunditat, no representa més que uns 250 litres. Essent el seu destí navegar per 50 metres, pot, no obstant, per aquesta part, baixar a 80, des d'on, amb el sol auxili de les veixigues, pot assolir la superfície.

La regla que estableix la capacitat de les veixigues és aquesta:

$$(b) \quad 2 \ Q \ A \ P$$

*Q*, volum de l'ictini, ço és, de la cambra, del cos exterior i de totes les màquines i objectes continguts entre elles;

*A*, coeficient de contracció; per a ictinis de fosta, igual a 0'0001;

*P*, profunditat en metres.

Es multiplica per dos per als casos extraordinaris que calgui navegar a una profunditat superior a la de l'*index*.

Només resta afegir que la pressió dins de les veixigues ha d'ésser doble de la que experimentarà la cambra en el seu major descens, per tal que tota l'aigua que continguin pugui ésser expulsada.

De la fórmula (b) es dedueix que, quant major sia la profunditat, tant major ha d'ésser la pressió i el volum de les veixigues natatòries; i com que aquest ha d'ésser proporcional a la cambra, resulta provat que «navegar a grans profunditats, reclama la utilització de grans forces i de grans ictinis». Disposant d'un aparell tan aventatjós i d'un ictini ben construït, no hi ha inconvenient en fer descensos ràpids.

El límit del descens té un altre *index*, del qual vaig a ocupar-me.

*Resistència de s'ictinis a la pressió.* — La resistència de les parets que constitueixen les cambres dels ictinis, ha d'ésser proporcional a les pressions; de la qual cosa es dedueix que tot ictini té un límit de descens vertical, dependent de la seva resistència a la pressió. Aquesta depèn tant de la naturalesa del material utilitzat i del seu espessor, com de la forma que es doni al casc interior de l'ictini.

En la forma, que consisteix en una superfície plana, les pressions exercides sobre cadascun dels punts s'addicionen i ocasionen totes juntes la flexió i ruptura d'un punt que arrossega la dels punts immediats.

Les pressions dels fluids són normals a les superfícies dels cossos en ells submergits, i obraran, per consegüent, sobre els poliedres buits i impermeables, sense que s'addicionin les pressions d'una cara a les de l'altra; per tant, un poliedre de moltes cares és més resistent que un de poques, essent els volums idèntics. Una esfera, que és un poliedre d'infinites cares, és la forma més resistent que pot donar-se a una cambra submarina; ho és més que l'el·lipsoide i que el cilindre. Però com que les esferes i els el·lipsoïdes tenen inconvenients de què manca el cilindre, he escollit per cambra interior dels Ictíneos la forma cilíndrica terminada per dos cons, dos semiel·lipsoïdes o dues semiesferes.

Vejam quina és la llei trobada per la pràctica entre la forma cilíndrica i l'esforç de compressió exterior que tendeix a aixafar el cilindre. Sobre aquest punt poc estudiat, diu Morin (1), Fairbairn ha fet expe-

(1) *Résistance des matériaux*, per Arthur Morin, t. I, pàgs. 195, 207. 3.<sup>a</sup> edició. París, 1862.

riments recents que ha publicat: i encara que la influència de tots els diàmetres, a igualtat de gruix del metall i la proporció de la seva resistència per a aquesta dimensió, no estigui establerta de faísó inconcusa, jo penso que ha de donar-se com expressió aproximada de la resistència dels tubs a l'aixafament, la fórmula:

$$P = A \frac{E^2}{LD}$$

que per la seva simplicitat em sembla que s'ha de preferir a altres més complicades, sense ésser molt més exactes.»

*P*, és la pressió d'aixafament en quilograms per centímetre quadrat;

*A*, és una constant, el valor de la qual depèn de la naturalesa del material;

*L*, és longitud del cilindre o tub en metres, o de la porció de cilindre sostinguda per reforços, nervis o estreps anul·lars, adaptats a les parets interiors del cilindre;

*D*, és el diàmetre, en metres, del cilindre;

*E*, és el gruix del material en metres.

La constant *A* per al coure roig, segons Fairbairn, és 400,000, promedi de vint-i-vuit experiments sobre tubs de 10 a 30 centímetres de diàmetre i de 0<sup>m</sup>38 a 2<sup>m</sup> de llarg; el gruix de parets va ésser en tots de 0<sup>m</sup>00109.

Segons M. Manes, enginyer de mines, la constant *A* per al coure roig és de 500,000 a 800,000, resultat de catorze experiments realitzats en tubs calorífics de calderes tubulars de 3<sup>m</sup> a 3<sup>m</sup>50 de llarg, de 6 a 15 centímetres de diàmetre i de 1'5 a 3 mil·límetres de gruix.

En tots aquests experiments, l'aixafament va començar per un dels punts centrals equidistant dels extrems; la qual cosa prova l'influència que té *L* o longitud del tub; circumstància que ens adverteix la utilitat de reforçar els ictinis amb anelles interiors que escurcin la distància *L*, de faísó que la cambra ictínia es presenti com un compost de cilindres d'eix curt i units per les làmines de la circumferència.

D'altra banda, té influència palesa la relació del diàmetre amb el gruix de les parets del tub, influència que no ha pogut observar-se d'una faísó precisa pels experiments de Fairbairn, ja que els publicats han estat fets amb làmines d'un mateix gruix. Per tant, la

fórmula no és rigorosament pròpia per a poder determinar amb certitud el gruix que cal donar a les parets dels tubs, una vegada coneguts els diàmetres i la pressió que ha d'obrar sobre ells. No obstant, com que la forma és empírica i dona compte dels fets, es pot acceptar per als ictinis, mentre el gruix de les parets del cilindre estigui en relació amb el diàmetre en una proporció que no sigui superior a la de 1 per 60 o per 70, i la del diàmetre  $D$  amb  $L$  sigui com 5 és 1. Amb aquestes proporcions s'assegura la resistència a la càrrega i ensems s'obté molt volum de cambra, ço és: una gran força de sustentació que correspon al pes de la maquinària. Demés, hi ha una altra raó per a acceptar la fórmula, i és que els ictinis no han de treballar mai sota una càrrega superior al  $1/6$  de la d'aixafament.

El coeficient  $A$  per al bronze i el llautó, a Montluçon es va trobar que era de 900,000; però jo m'atreveixo a aconsellar que sols es prengui per valor el del coure roig, perquè en aquest experiment la relació del gruix amb el diàmetre va ésser com 1 és 25.

Per a les fustes fortes com l'olivera, la caoba i el roure, el coeficient  $A$  l'estimen en 50,000; xifra que dedueixo de la resistència d'aquestes fustes a l'aixafament, relacionada amb les del coure, el bronze i el ferro.

De l'esmentada fórmula de Fairbairn es dedueix la següent equació, que dona el gruix de les parets de la cambra ictínia, essent conegudes les altres dades.

$$E = \sqrt{\frac{P L D}{A}}$$

Un ictini que pugui navegar a mil metres de profunditat resistirà una càrrega constant de 100 quilograms per centímetre quadrat, i no s'aixafarà fins a una càrrega d'uns 600 quilograms o atmosferes, també per centímetre quadrat. Si el diàmetre interior és de 5 metres i la porció del cilindre entre anelles o nervis és de 1, tindrem per gruix, essent el material de bronze, la indicada equació, que per a aquest cas i substituint a les lletres els valors, és

$$E = \sqrt{\frac{600 \times 1 \times 5}{400,000}} = 0^m 096;$$

i, per tant, el diàmetre exterior serà de 5<sup>m</sup> 192. Si l'eix de la cambra interior és de 4<sup>m</sup>, es trobarà que la força de sustentació de la cambra

de bronze equival a unes 400 tones mètriques, les quals deuran representar el pes de totes les màquines, llastos, estreps o nervis anul·lars, òrguens de tota mena, carbons, material de combustió submarina, etc.

L'ictíneo, que hi ha a l'aigua, és un el·lipsoide de revolució prolongat, i només pot subjectar-se a aquesta fórmula en quant es prengui una proporció de l'eix, considerant-lo com a cilindre.

La cambra és de fusta d'olivera, de la figura que requeria la construcció, té un diàmetre de 2 metres i un espessor de 10 centímetres i està reforçada exteriorment per un folro de taulons de roure de 6 centímetres, que a son torn està cobert d'un folro de coure impermeable.

Prenent, doncs, una porció de  $L = 5$ ,  $D = 2$  i  $E = 0^m 1$ , tindrem que la càrrega d'aixafament serà

$$P = \frac{A E^2}{L D} = \frac{50,000 \times 0^4 1^2}{5 \times 2} = 50 \text{ k.}$$

de la qual, prenent el dècim, per tenir algun defecte de construcció, pot navegar a 50 metres de profunditat.

*Resistència dels cilindres arquejats.* — Em sembla que la forma més robusta que pot donar-se als ictinis amb la menor quantitat possible de material utilitzat, consisteix en això, que la cambra cilíndrica estigui composta de tors buits units entre ells; ço és, en un cilindre produït per una generatriu composta de semicircumferències sortints. Els tors que es van posar a prova havien rebut la forma circular pels mitjans ordinaris de què fan ús els calderers i sense que després s'afinessin llurs formes al torn: els tors varen soldar-se entre ells, formant bateria o cilindre. Aquest procediment groller no pot donar formes perfectes; però, veu's aquí els resultats que van aconseguir-se en les tres següents proves:

*Primer cilindre:* El componien cinc tors de  $0^m 30$  de diàmetre major, de  $0^m 10$  de diàmetre en la semicircumferència generatriu i de  $0^m 00084$  de gruix; va aixafar-se pel diàmetre major sota la càrrega de 6'5 atmosferes.

*Segon cilindre:* Compost també de cinc tors de  $0^m 20$  de diàmetre major,  $0^m 02$  de semicircumferència generatriu i  $0^m 0005$  de gruix; va aixafar-se en el mateix sentit perpendicular a l'eix, com l'anterior, sota la càrrega de 7'5 atmosferes.

*Tercer cilindre:* D'igual nombre de tors i dimensions que l'anterior, amb la sola diferència d'ésser el gruix de parets de 0<sup>m</sup>001; aquest no es va aixafar ni presentà la més petita abonyegadura, després d'haver-lo subjectat a una pressió de 15 atmosferes.

Els tres cilindres eren de coure roig, i els casquets estaven sostinguts per quatre estreps interiors paral·lels a l'eix; per tal que la pressió en el sentit del mateix no intervingués en l'aixafament dels cilindres.

Com que aquests experiments són molt costosos, i es va rompre el vas on es realitzava la pressió, no he pogut continuar-los fins a trobar la llei de la resistència d'aquestes formes a pressions exteriors. No obstant, ens podem valer mentrestant de la fórmula de Fairbairn, la qual dóna compte dels dos primers experiments, si  $L$  significa el diàmetre de la circumferència generatriu dels tors.

En la superfície d'aquests cilindres la pressió hi ha deixat escrita la història de l'aixafament des que comença fins que acaba; abunden per tot petites fraccions aplanades d'un, dos, tres i més mil·límetres d'extensió, fins a assolir abonyegadures de forma el·líptica i la gran concavitat per on s'ha determinat la ruptura del vas.

Aquesta forma es presta a les condicions pròpies dels ictinis, reuneix a la primor relativa de les parets una resistència molt més gran que la del cilindre comú i, per consegüent, donarà més força de sustentació als ictinis, que, no per ésser lleugers, estaran impeditos de descendir a grans profunditats.

Per als vasos que han de sofrir grans pressions interiors, com són les veixigues natatòries, la millor forma és la d'un cilindre de generatriu composta de semicircumferències *entrants*, de faísó que la vista exterior s'assembla a una bateria o cilindre compost d'*escòcies*.

La força que ha de restar amagatzemada en les veixigues natatòries, i que és dues vegades superior a la pressió que ha de sofrir un ictini, ha fet necessària la indicada forma, la qual ha donat el resultat que notaré.

Hom va fondre quatre cercles semblants a les *escòcies* de les columnes arquitectòniques, de seccions transversals semicirculars, i, un cop units entre ells amb cargols, van formar un cilindre de casquets semi-el·lipsoides: els quatre cercles i els dos semiel·lipsoides es van subjectar amb quatre barres de ferro de 5<sup>m</sup> de diàmetre, a fi que el cilindre tingués en el sentit de l'eix una gran resistència a la pres-

sió interior. El material dels cercles era d'un bronze la resistència del qual a la ruptura per tracció va ésser de 9'2 quilograms per mil·límetre quadrat. Aquests cercles es van tornejat exteriorment i interiorment, deixant-los en un gruix de sis mil·límetres; el diàmetre, en la part convexa que mirava vers el centre, era de 0<sup>m</sup>49; i en les unions dels cercles entre ells era de 0<sup>m</sup>55; la secció transversal en aquest punt era de 0<sup>m</sup>2374, i com que el cilindre va ésser sotmès a 35 atmosferes de pressió interior, va resultar ésser la total en el sentit de l'eix de 83,111 quilograms, i en aquest sentit, malgrat el reforç de les quatre dites barres, va tenir lloc la ruptura. El bronze, doncs, es va rompre sota una càrrega per tracció de 9'2 quilograms per mil·límetre de secció. En el sentit de la generatriu va resistir 14'3 quilograms per mil·límetre sense que hi hagués el menor augment de diàmetre, indicij cert d'ésser llunyana la ruptura; i com qu s'havia de rompre a 9'2 i va resistir 14'3, ço és una meitat més, sense que pugui trobar-se altra raó que la forma, havem d'admetre que aquest excés de resistència era degut exclusivament a la forma donada a les parets del vas.

Aquesta és la faisó com he resolt el gravíssim problema, en navegació submarina, de resistència a la pressió, sense adoptar la forma enutjosa de l'esfera i fugint de l'excessiu gruix de parets reclamat pel cilindre comú. Sento no haver pogut establir les lleis que regeixen el gruix i els diàmetres, el mateix en el cas de pressions interiors que exteriors; però el camí és obert, i jo crec que així que sigui conegut se seguirà en la construcció de les premses hidràuliques de gran potència i sobretot en els aparells destinats a la liquidació de gasos: aquesta forma té aplicació a les calderes de les màquines marítimes i dels ferrocarrils, en les quals podran usar-se pressions més elevades que les actuals.

*Visió i il·luminació exteriora.* — Els ictinis terminen per proa en un casquet esferòdic que conté cinc o més cristalls: un en la prolongació de l'eix i els altres quatre en direccions perpendiculars a l'eix de la cambra; aquests cristalls tenen la forma de cons truncats i llur major base mira a la part externa; en la quaderna mestra hi tenen dos miradors, un a babor i altre a estribor, amb cinc cristalls en sengles direccions distintes; en la coberta hi ha una cúpula disposada també amb cristalls que miren a popa, proa, estribor, babor

i enlaire. D'aquesta fàisó, des de l'interior dels ictinis es pot observar tot el que hi ha a l'entorn. Aquests cristalls han de poder resistir centenars d'atmosferes de pressió; els del segon Ictíneo tenen un gruix de 10 centímetres, i només absorbeixen una dècima part de la llum natural: consisteixen en cons truncats, els diàmetres major i menor dels quals són respectivament de 12 i 20 centímetres.

Com que la llum natural va minvant a mesura que es baixa al fons de la mar, cal que els ictinis portin llums potents com l'elèctrica o oxiídrica, que no ofereixen dificultats; la darrera és d'instal·lació fàcil en les cambres submarines.

En un dels experiments d'aquesta llum, realitzats a la nit i a ple dia, es rebia el corrent d'aquests dos gasos sobre un tros de calç; i dirigida la llum per un reflector parabòlic, no solament es distingiren els objectes a 200 metres de distància, sinó que es van conèixer les persones, malgrat la forta pluja que queia.

Les explosions s'eviten, no mesclant els dos gasos fins al moment que surten dels dos tubs, que separatament i amb pressions iguals els condueixen a una petita cambra de 50 mil·límetres de capacitat, on es realitza la mescla.

Les substàncies que, rebent els dos gasos en ignició, augmenten el brill d'aquesta llum, per l'ordre de la seva potència, són: el zirconi, la magnèsia, la calç viva, el guix, l'òxid de zinc, el marbre. Aquestes substàncies s'usen en forma de cilindres de dos centímetres d'eix per sis a vuit mil·límetres de diàmetre. El zirconi, segons Caron, de l'Acadèmia francesa, no es desgasta com els altres materials.

Veu's aquí els dos òrguens que constitueixen l'aparell d'il·luminació exterior: 1.<sup>or</sup>, una llanterna que gira sobre son eix; 2.<sup>or</sup>, un tub bifurcat en forma d'Y, que condueix els gasos separats sobre dit cilindre, el qual porta un tros de plati esponjós per a inflamar-los; el cilindre es sobre una vareta que pot pujar o baixar; 3.<sup>or</sup>, un reflector còncau parabòlic; 4.<sup>or</sup>, un generador d'oxigen; 5.<sup>or</sup>, un dipòsit d'hidrogen; 6.<sup>or</sup>, dos manòmetres que marquin la tensió de cadascun dels dos gasos.

Aquesta llum augmenta amb la pressió, segons els experiments del físic anglès doctor Frankland, sàviament desenrotllats per H. Sainte-Claire Deville, autor de les *Lliçons sobre la Dissociació*.

Segons aquest darrer, en la flama oxiídrica a la pressió de 6<sup>m</sup>76.

sois crema la meitat de l'hidrogen, degut a les relacions que existeixen entre la tensió de dissociació de l'aigua amb la temperatura i la pressió. Per tant, afegeix, les proporcions de la matèria combinada o el vapor d'aigua format, creixeran a mesura que augmentarà la pressió (1).

Quan la llum crema en plena atmosfera, he remarcat que unes vegades té a son entorn una aurèola poc lluminosa, i altres un punt obscur central. L'aurèola i la taca central no les he observades mai juntament; la corona desapareix tancant un poc la canella de l'hidrogen; la taca fosca, donant menys oxigen. Això sembla provar que la corona prové d'excés d'hidrogen; i l'obscuritat del centre, de massa oxigen.

*Ventilació i purificació de l'atmosfera.* — A la popa de l'actual Ictíneo hi ha un ventilador que per mitjà d'un llarg tub de 20 centímetres de diàmetre aspira l'aire de proa i determina una corrent constant que rep un raig molt dividit d'aigua alcalina i d'oxigen purificat i olorós.

Constitueixen els òrguens de purificació: 1.<sup>er</sup>, un ventilador de 50 centímetres de diàmetre; 2.<sup>on</sup>, una bomba d'aigua; 3.<sup>er</sup>, un generador d'oxigen; 4.<sup>on</sup>, un ample tub de conducció d'aire; 5.<sup>on</sup>, un pou d'aigua alcalina.

El corrent d'aire és de 5 metres per segon; la secció del tub bufador és de  $0^m30925$ ; la cambra ictínia conté un espai lliure d'uns  $26^m3$ ; per tant, l'aire de la cambra pot passar catorze vegades, en una hora, pel raig alcalí, en el qual necessàriament ha de deixar tot l'àcid carbònic que contingui.

Fins ara, que jo sàpiga, no ha estat possible donar una expressió analítica exacta dels efectes dels ventiladors, per no poder valorar les resistències de l'aire des de l'instant que és aspirat, passa per les ales i és expel·lit: la fórmula que jo uso es  $\frac{3}{4}$  de la velocitat de les ales multiplicada per la secció del tub de sortida i pel temps, donant per producte la quantitat d'aire llençat pel ventilador.

*Generador d'oxigen.* — Consisteix: 1.<sup>er</sup>, en un cilindre proporcionat

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.* — 30 novembre 1868.

al nombre de tripulants, armat d'una tapa que es tanca per mitjà d'una brida; 2.<sup>oa</sup>, en una caixa de purificació que conté en son interior un líquid alcalí i una roda de pales que mescla el líquid amb el gas per a purificar-lo; 3.<sup>oa</sup>, en un manòmetre per a saber la pressió que es desenrotlla dins del cilindre. En el complement al capítol *Respiració* es parla de les substàncies que generen l'oxigen.

*Òrguens de locomoció i virada.* — Els propulsors dels ictinis seran sempre una de llurs parts més interessants, car, no podent disposar d'un motor barat, cal que paguin aprofitar-se de tota llur força. En parlar de les hèlixs, tinc de repetir ço que fou publicat en 1860 sobre el primer Ictíneo, el motor del qual era muscular i la capacitat interior no arribava a 7<sup>m3</sup>.

La força que fa un home agafat a un manubri és de 6 a 8 quilogràmetres; cinc homes constituïen la força disponible del primer Ictíneo, de la qual s'inutilitzava una tercera part per les friccions o fregadís; restaven, doncs, 20 quilogràmetres, almenys, de força útil.

La secció mestra immersida de l'Ictíneo flotant era de 3<sup>m3</sup>, el calat de 3 metres, la superfície exterior de 40 metres, la qual tenia molts forats per a cristalls i útils i oferia, per consegüent, molta resistència a la velocitat; amb tan males condicions, quatre homes li imprimien una marxa de 1,671 metres per hora.

El propulsor de l'Ictíneo s'assembla al molinet de Woltemann utilitzat per a amidar la velocitat de les aigües corrents, i no té res més de comú amb l'hèlix que l'obliquïtat de les ales i la de descriure en l'aigua una generatriu helicoidal.

John Barne, a qui l'almirall anglès va facilitar els documents on se consignen tots els experiments referents a l'hèlix realitzats fins a 1852, i Paris, vice-almirall francès, que va publicar un tractat de l'hèlix, on examina els resultats obtinguts en els vaixells de guerra francesos fins a 1855, convenen que s'hauria de fer de gutaperxa i armadura de ferro una hèlix que, donant voltes en l'aigua calenta, pendria la forma més apropiada a aquesta mena de propulsors.

Smith, que va deixar l'esteva per a inventar l'hèlix, prengué per punt de partença el pas enter; però com que l'hèlix era de fusta, es va rompre a causa d'una avaria: li quedaren dues ales, i el vaixell va marxar més bé. Mangin divideix una hèlix en dues, en sentit perpen-

dicular a l'eix, i les col·loca paral·leles, l'una prop de l'altra, aconseguint algun avantatge. Això sembla provar que quant més s'acosta la superfície de les hèlixs a un pla, més resistència troben en l'aigua; i quant més gran sia aquesta resistència, millor punt de descans oferirà a l'obliquïtat de les ales.

Si volem augmentar aquesta resistència, fem de faisó que l'hèlix remogui menys aigües, ço és, que aquestes trobin dificultat d'aparcar-se del pla on giren les ales de l'hèlix. Per a aconseguir-ho he construït un molinet de Woltemann, d'ales paral·leles; l'espai comprès entre els dos plans és de 8 centímetres. Una d'aquestes ales es pot treure. Veu's aquí els resultats que he obtingut:

<i>Ales dobles.</i> — Pas en metres 1'92 × voltes 179 = 345 <sup>m</sup> 68	
Va caminar l'Ictíneo.....	325
	<hr/>
Retrocés o diferència.....	18'68
Id. per cent.....	5'2

Temps esmerçat: 11 minuts, 40 segons (3 segons 9 per volta de l'hèlix). Camí fet en una hora: 1,671 metres. El motor consistia en 4 homes.

<i>Ales senzilles.</i> — Pas en metres 1'92 × voltes 200 = 384 m.	
Va caminar l'Ictíneo.....	325
	<hr/>
Retrocés o diferència.....	59
Id. per cent.....	7'5

Temps esmerçat: 11 minuts, 52 segons (uns 3'5 per volta de l'hèlix). Camí fet en una hora: 1,643 metres. El motor consistia en 4 homes.

Aquestes xifres són el promedi d'un gran nombre d'experiments i són conclouents en favor de les hèlixs d'ales paral·leles.

El segon Ictíneo ateny una velocitat de 3 1/2 milles per hora, navegant contra vent fresquet i ones de 2 metres de base per 0<sup>m</sup>50 d'altura. Velocitat suficient per a resistir, fins a cert punt, el vent fresc contrari, a més a més presentant la part surant poc volum a l'aire i estant destinat a treballar prop dels llocs de refugi.

El propulsor és també de dues ales, cadascuna de les quals té dues pales paral·leles, 1 metre de pas i 1<sup>m</sup>90 de diàmetre. El promedi del retrocés d'un gran nombre d'experiments va ésser de 9 per 100.

La virada, estant parat l'Ictíneo, s'obté mitjançant el moviment giratori d'una de les petites hèlixs de 0<sup>m</sup>30 de diàmetre i de 0<sup>m</sup>20 de pas, disposats en la part superior entre el centre i la popa i decantats 45 graus sobre l'horitzontal: un a estribor i altre a babor; giren amb una rapidesa de tres voltes per segon. Aquestes hèlixs estan dessota coberta, de la qual surten per llur propi moviment quan comencen a funcionar.

Una de les qualitats que podríem anomenar fonamentals, si quasi totes no fossin de suma importància, és la de poder romandre els ictinis en perfecta quietud entre dues aigües. Les aplicacions a la guerra, a la ciència i a la indústria reclamen aquesta qualitat d'una fàcil quasi absoluta. Això em va preocupar tant i tant en la construcció del primer Ictíneo, que, desconfiant d'aconseguir-ho pels mitjans que més endavant explicaré, vaig disposar que el seu puntal fos més gros que la mànega, a fi de fer eficaç l'acció d'una hèlix que vaig col·locar sobre la quilla: aquesta hèlix, girant en un pla horitzontal paral·lel a l'eix major de la cambra, havia de corregir la seva tendència al moviment d'ascens o descens.

L'acció de l'hèlix havia de semblar dubtosa obrant sobre un pla tan extens relativament al diàmetre de l'hèlix (la relació és de 7 a 1); però com que les resistències en aquest cas consisteixen, en l'adherència de l'aigua a les parets de l'ictini i en la cohesió molecular del líquid, per la mateixa raó que aquestes resistències creixen amb el quadrat de la velocitat, no poden oposar-se als moviments suaus. L'hèlix col·locada sobre la quilla del primer Ictíneo, en les seves voltes directes i inverses, el feia pujar o baixar o el mantenia entre dues aigües, si la velocitat de les voltes corresponia només a la diferència de densitat.

No obstant, en el segon Ictíneo no s'hi ha col·locat aquesta hèlix de la qual férem molt poc ús en el primer, per la facilitat amb què s'obté que la densitat dels ictinis sia igual a la de l'aigua de la mar.

*Veixigues natatòries o de pressió.* — Componen aquest aparell mants òrguens:

1.<sup>er</sup> Un, dos o més cilindres de parets arquejades mig plenes de aigua de mar, que comuniquen entre ells (quan són dos o més), per la part inferior l'aigua, i per la part superior els gasos que contenen. Els gasos, abans de començar la submersió, han d'estar comprimits:

a 10, 20, 40 i 200 atmosferes,

essent l'índex de l'ictini respectivament de

a 5, 10, 20 i 100 atmosferes.

La capacitat dels cilindres ha d'ésser proporcional al volum de la cambra ictínia, com ja s'ha dit; però com que aquest té cert límit, segons s'ha dit en l'article *Generalitats*, també el tenen les veixigues de pressió; demés, a l'igual de la cambra, també creix el volum d'aquestes com el quadrat del radi. Aquesta proporció és exigida tant per l'encongiment de la cambra ictínia fortament oprimida per les aigües, com per la major densitat que adquireixen les fustes del care exterior en les pressions profundes.

2.<sup>on</sup> Un dipòsit, en el centre longitudinal de la cambra, per a l'aigua que serveix com a llast, i al qual van a parar les aigües que s'admeten en les submersions.

3.<sup>er</sup> Entre aquest dipòsit i les veixigues hi ha d'haver un orgue que restitueixi a aquestes l'aigua que hagin expel·lit per tal de fer l'ictini més lleuger; ço és: un orgue que alleugereixi el dipòsit de l'aigua que ha entrat per a fer l'ictini més pesat; aquest orgue és un joc de bombes de petit diàmetre que comprimeixen l'aigua com en la premsa hidràulica. D'aquesta faísó l'aigua que ha entrat passa a les veixigues aatatóries, i així es pot disposar sempre de la mateixa força per als moviments per diferència de densitat, adés admetent aigua que va al dipòsit, adés obrint pas a la que està comprimida en les veixigues. Així s'aconsegueixen avenços suaus o precipitats cap amunt o cap avall, els quals, combinats amb els de marxa i retrocés vers l'un i l'altre costat, donen aptitud a l'ictini per a les operacions submarines.

4.<sup>ta</sup> En el lloc mateix de les bombes hi ha dos manòmetres: un que indica la pressió de les veixigues i altre l'exterior de la mar. El

primer sempre ha d'indicar almenys la pressió inicial, que, com he dit, ha d'ésser doble de la de l'*index* de l'ictini; però des del moment que la pressió exterior arribi a la de l'*index*, les bombes han de funcionar constantment fins que el manòmetre de la pressió exterior indiqui que l'ictini comença a pujar.

En el maneig ben entès i regular d'entrada d'aigua en el dipòsit de sortida de la comprimida en les veixigues i del joc de les bombes, consisteix la perfecta navegació subaquàtica. En la densitat ben manejada de l'ictini rau la seguretat dels tripulants; des del moment que un ictini ha començat el seu moviment de descens, ha de proveir-se a la disminució de la seva densitat, d'una quantitat proporcional a l'encongiment que pugui anar experimentant i que les primeres proves (realitzades sobre alts fons i en un declivi suau) hauran indicat.

*Llastos esfèrics i llastos d'exhauriment.* — Els primers consisteixen en esferes massisses de ferro que porten els ictinis en llur part exterior i superior, dins d'una caixa; el fons d'aquesta caixa forma un angle de 45 a 60° sobre l'horitzontal; la seva tapa lleugera cedeix i s'obre al pes de les esferes, per tal que aquestes puguin caure lliurement a la mar. El tancament de la tapa depèn d'un arbre que comunica amb l'interior de la cambra.

L'objecte d'aquests llastos és remejar les conseqüències de l'obstrucció dels tubs per on passa l'aigua de les veixigues de pressió; quan això advingués, o quan, acabada l'aigua comprimida que contenen, no pugés l'ictini i les bombes descompostes no poguessin enriquir l'aigua de llast del dipòsit, s'han de llençar els llastos esfèrics. El pes d'aquestes veixigues ha d'ésser aproximadament doble del de l'aigua que contenen les de pressió. Sols la pràctica de la navegació submarina podrà decidir sobre la necessitat d'aquesta mena de llastos, que no tenen altre objecte que substituir l'acció de les veixigues nata-tòries en cas de inhabilitar-se.

Els llastos d'exhauriment responen a necessitats majors: 1.<sup>or</sup>, a la contracció considerable de la cambra, construcció possible quan s'han utilitzat materials falsos o quan la construcció ha estat viciosa; 2.<sup>or</sup>, quan una via d'aigua considerable impedeixi la pujada de l'ictini; 3.<sup>or</sup>, quan el seu descens sia tan ràpid que no pugui governar-lo

el capità i es trobi navegant per una mar de fons desconegut. En qualsevol d'aquests casos i després d'haver expel·lit l'aigua de les veixigues de pressió i llençat els llastos esfèrics, hom deixarà anar ràpidament els «retenidors» dels llastos d'exhauriment i l'ictini es dirigirà instantàniament a la superfície.

La relació entre el pes d'aquests llastos i el de l'aigua desplaçada per la cambra ictínia, és com 1 és a 30.

Aquests llastos estan col·locats en la part central baixa i exterior de l'ictini i depenen d'un arbre que comunica a l'interior de la cambra.

*Llast d'equilibri.* — Les seves funcions consisteixen en mantenir l'ictini en perfecta coincidència amb el seu pla horitzontal, per tal que pugui navegar entre dues aigües, sense dirigir-se cap amunt ni cap avall. Però com que la part alta i la coberta d'un ictini és un poc més gruixuda i més accidentada que la part baixa, aquella oposarà més resistència que aquesta a la marxa, i l'ictini, perfectament equilibrat en tots sentits, estant en marxa, es dirigirà cap amunt. Aquesta direcció es corregirà col·locant vers la proa un pes proporcionat al volum de l'ictini, el qual, inclinant la proa cap avall, anul·larà la tendència a la superfície.

Demés, aquest llast està destinat a donar les inclinacions proals o popals que reclamin els treballs submarins, les quals s'obtenen molt fàcilment en els cossos equilibrats amb l'aigua i submergits, sobre tot quan la diferència en la longitud dels eixos és tan notable com en els ictinis.

El llast d'equilibri és suficient quan assoleix 5 mil·lèsimes del pes de l'aigua que desplaça la cambra i quan pot recórrer  $1/7$  del seu eix major.

Ha d'estar en la part inferior de l'ictini, essent indiferent que ho sigui a la popa o a la proa, col·locat entre guies i politges, i el seu moviment dependrà de manubris, per tal que pugui córrer i aconseguir-se amb facilitat la inclinació o horitzontalitat del vaixell.

Els moviments ocasionats per aquest llast han de referir-se al nivell de l'aigua, col·locat paral·lelament a l'eix longitudinal de l'ictini.

*Òrguens de presa.* — Si hom preté recollir objectes del fons de la mar, encara que siguin d'escassíssim volum, i traslladar-los a dins de l'ictini, es necessiten òrguens sumament embarassosos i cars. Consisteixen en un cilindre buit col·locat en la part baixa de l'ictini; el seu extrem interior sortirà fora del vaixell i ha de tenir en la seva part mitjana una gran aixeta o vàlvula; en la part superior tindrà una tapa amb caixa d'estopes per on passarà una barra a l'extrem inferior de la qual hi haurà pinces mecàniques per a collir els objectes. Per tant, l'ictini tindrà de col·locar-se damunt l'objecte que es pretengui agafar, i en aquest estat s'obrirà l'aixeta suauement per evitar la ruptura del cilindre, que tindrà lloc per la brusca entrada de l'aigua; així resten en comunicació la barra i les pinces amb l'exterior, i es podrà agafar l'objecte, introduir-lo en el cilindre i tancar l'aixeta: obrint la caixa d'estopes, es podrà treure l'objecte pescat junt amb la quantitat d'aigua continguda en el cilindre.

No obstant, jo no crec pas necessària la instal·lació d'aquest orgue en els ictinis industrials (si bé pot ésser útil als destinats a investigacions científiques), perquè el millor i més còmode és agafar els objectes i deixar-los en la part exterior i superior del vaixell; la qual cosa s'obté mitjançant un aixadelló d'una forma especial, de mànec llarg i encorbat seguint la forma de l'ictini, mogut per un arbre horitzontal, segons s'explica en la llegenda i plans.

Els destinats a la pesca de coral es valen d'aquest aixadelló per a recollir el coral *mulé* o que està en el sòl. En quant al coral viu enganxat en els penya-segats o parets verticals dels fons i en els sostres de les coves o en els buits de les roques, es talla o arrenca amb una destal o pala superior, el mànec de la qual és molt llarg i surt de la proa de l'ictini uns dos o tres metres; aquest mànec és de fusta de plançó i està assegurat, per mitjà de dues anelles de ferro, perpendicularment a un arbre que penetra en la cambra i a favor del qual es dona un moviment de vaivé a la pala. El coral arrencat cau en la xarxa pendent d'una bifurcació del mànec.

*Màquina de vapor.* — Componen el motor de l'ictini una caldera cilíndrica i tubular; una màquina gran moguda per la combustió del carbó o petroli i destinada al servei de l'ictini flotant; una màquina petita que funciona pel foc submari, i condensadors tubulars del vapor.

Els condensadors tubulars els va aplicar Hall a un vaixell de vapor per provar que es podia fer un ús indefinit d'una mateixa quantitat d'aigua; i encara que no s'hagi seguit el seu exemple, vaig a donar una lleugera idea del procediment. L'aigua de la caldera, convertida en vapor, passa a obrar en els cilindres, i d'aquests es dirigeix a una vasta superfície de condensació, formada per una gran quantitat de tubs de parets primes i d'escàs diàmetre, constantment banyats per l'aigua de la mar en el vapor es condensa, i líquid ja, passa a un dipòsit, d'on el prenen les bombes d'alimentació per introduir-lo altre cop en la caldera. Entre els aventatges d'aquest sistema, ressalta en primera línia el no haver d'evacuar contínuament l'aigua massa saturada de les calderes, per tal d'evitar que la sal es precipiti i les inutilitzi, ocasionant una despesa major de combustible i exposant-les a les explosions. La saturació, no podent passar de  $4/32$ , obliga a una extracció d'aigua salada: la relació de l'aigua salada i l'extreta és com 1 és a 0'333. Per tant, s'evita amb els condensadors de Hall la pèrdua de calor que porta l'aigua extreta.

En la navegació submarina s'ha de fer ús del procediment de Hall per dues raons: 1.<sup>a</sup>, per no perdre la quantitat de calor que porta l'aigua; 2.<sup>a</sup>, per evitar la utilització d'una força considerable, com ho seria l'expulsió contínua de l'aigua salada navegant per dessota l'aigua, que a certa profunditat arribaria a consumir tota la força útil. Ignoro la relació que hi deu haver entre la superfície de calefacció i la de condensació; però, per experiments bastant incomplets, sembla que podia assajar-se la de 1 és a 1'5 de condensació; en l'actual icini és de 1<sup>m</sup> de superfície de calefacció per 2<sup>m</sup> de refrigerant. L'aigua condensada que entra en la cambra és freda.

La caldera i dipòsit de vapor en l'actual icini estan revestits d'espart i de fusta, formant junts un folre de 8 centímetres de gruix.

Cobreixen les dues màquines de vapor camises de fusta de 4 centímetres de g. nix.

Els tubs que condueixen el vapor a les màquines i a la descàrrega per passar als condensadors tubulars, estan coberts de corda d'espart i sobre d'ells camises de llana.

La caldera i dipòsit estan coberts demés per caixes de coure que segueixen la figura d'aquests òrguens, amb separació de parets de

5 centímetres, i s'emplenen d'aigua poc abans del tancament de la tripulació. Així hem aconseguit romandre dues hores quaranta quatre minuts en la prova del 9 d'octubre de 1868, funcionant contínuament la màquina de vapor, la qual treballava sota la pressió mitjana de dues atmosferes.

En l'aplicació del vapor a la navegació submarina, s'ha d'excloure la fusta com a material de les parets de la cambra, per ésser mala conductora del calòric, construint-les de bronze o coure, els quals conduiran el calor fora de l'ictini: demés d'estar coberts tots els òrguens on funciona el vapor, no sols de matèries mal conductores del calòric, sinó també de refrigerants tubulars.

Per al seu establiment a bord s'ha d'adoptar la següent disposició: en la part baixa de la cambra hi haurà un tub gran que comunicarà pels seus dos extrems armats de vàlvules amb la mar; a aquest tub hi aniran inserits els refrigerants tubulars de la caldera dels conductors de vapor i de les màquines; en la part alta de l'ictini hi haurà un altre tub gran que també pels seus dos extrems armats de vàlvules comunicarà amb la mar; a aquest tub aniran a parar igualment els esmentats refrigerants, els quals consistiran en una sèrie de tubs de petit diàmetre que cobriran els òrguens de la calor dels quals volem alliberar-nos, seguint la figura que tinguin. El gruix de les parets d'aquests tubs serà proporcional a la pressió que deguin resistir, i per consegüent depenen de l'*index* de l'ictini. Així s'establirà un corrent d'aigua de mar de baix a dalt, que, entrant freda pels dos extrems del tub gran inferior, penetrarà per les sèries de refrigerants tubulars i sortirà calenta pels dos extrems del tub gran superior, emportant-se'n el calòric que tan penosa fa la permanència de la tripulació en l'actual ictini.

Com que la temperatura de les profunditats de la mar és bastant baixa i l'eficàcia dels condensadors tubulars podria ésser tal que refredés molt l'atmosfera de l'ictini, en aquest cas, les vàlvules dels tubs grans podran governar la temperatura interior fins a fer-la agradable; car impediran, segons convingui, la sortida de l'aigua dels refrigerants.

La part de la caldera que es refereix als focs submarins està dividida en quinze cambres de combustió horitzontals, amb quinze tapes i ses brides per a incomunicar-les amb l'aire de l'ictini. Cada una

d'aquestes cambres està proveïda de dues claus que comuniquen amb dos tubs circulars concèntrics col·locats en el front de la caldera, un per la part interior de l'espai que tanquen les quinze cambres, i altre per la part exterior, el qual condueix els gasos a una caixa de purificació: el tub interior serveix per a indagar si en una cambra de combustió determinada, aquesta té lloc, o si ja ha terminat: la qual cosa se sap tancant la clau del tub exterior i obrint la interior: si en la cambra hi ha combustió, ho revelen els gasos que surten pel tub interior. Els cilindres de mescla de combustió cremen tranquilament fins al groc clar i a raó de 5 centímetres per minut.

En tancar la llar, es deixa el ccc que hi hagi encès a fi de no perdre temps apagant els focs o traient-los, la qual cosa emplenaria de fum la cambra i augmentaria la seva temperatura: aquesta operació es realitza alguns minuts abans de començar la submersió.

La xemeneia té una gran aixeta o vàlvula que es tanca completament pocs moments abans d'arribar-hi l'aigua, a l'objecte que els gasos que encara pugui anar donant el carbó surtin lliurement a l'exterior. Essent difícilós que la combustió continuï estant tancada amb argila la tapa de la llar, perquè s'hauria d'establir un doble corrent d'aire ascendent i descendent per la xemeneia, no podran formar-se òxid i àcid carbònic més que en molt poca quantitat; la qual en sa major part sortirà per la xemeneia durant el temps que transcorre des del moment que comencen a emplenar-se d'aigua els espais entre cambra i vaixell i que el nivell de la mar arriba a la línia de la vàlvula de la xemeneia. En la llar, doncs, no podran originar-se altres gasos que l'hidrogen carbonat que contingui encara el carbó o ccc.

Des de la llar al dipòsit d'aigües de llast hi ha un tub anomenat de seguretat, amb la seva aixeta que s'obre de tant en tant per a saber si en les caixes de fum hi ha vapor, el qual pot provenir d'algun escapament de la caldera o de l'aigua de mar que s'infiltrés per la vàlvula mal ajustada de la xemeneia: en un i altre cas es jutjarà de la importància d'aquestes pèrdues pel soroll que produirà el vapor en trobar-se amb l'aigua freda de llast, on estarà immersit el tub de seguretat. Entre l'aixeta d'aquest tub i la llar pot posar-se un manòmetre el moviment del qual ens dirà la pressió que per les causes indicades es desenrotlli en les cambres del fum.

Per saber l'aigua que hi ha a la caldera no serà pas molt propi

fer ús d'indicadors de cristall, car per llur fragilitat estan exposats a contínues ruptures, i encara que sigui fàcil tancar les dues canelles quan això succeeix, sempre es passa algun temps en aquesta operació, per a evitar cremadures, emplenant-se mentrestant la cambra de vapor, la qual cosa no és pas agradable i porta alguna confusió. En l'actual ictini es fa ús de tres mitjans per a aquesta indagació, dos de directes i un d'indirecta: 1.<sup>or</sup>, de les claus ordinàries de prova de la caldera, que són consultades sovint pel fogainer; 2.<sup>or</sup>, d'un indicador de maneta, consistent en una cambra cilíndrica disposada en sentit vertical, de 40 centímetres d'eix i 20 de diàmetre, on va un flotador, l'espigueta del qual, passant per guies, s'insereix en la cignya interior de la maneta. La part superior d'aquest cilindre i la inferior comuniquen respectivament amb el dipòsit de vapor i amb l'aigua de la caldera. El flotador, en sos moviments d'ascens i descens, mourà la maneta, l'arbre de la qual, de 5 mil·límetres de diàmetre, passant per una petita caixa de estopes, exterioritza els moviments del flotador; 3.<sup>or</sup>, d'un tub de cristall col·locat en el dipòsit d'aigües de condensació, la quantitat de les quals, indicada per l'altura damunt la inicial, ens dirà la quantitat d'aigua que falta en la caldera.

Les vàlvules de presa de vapor han d'estar immediates als dispars de les altres màquines que funcionen en els ictinis a fi que puguin obrir-se i donar la major quantitat d'aigua de vapor que correspongui a cada nova càrrega que s'afegeixi a l'arbre motor.

La màquina petita de vapor destinada a moure l'ictini per dessota l'aigua, cal que tingui un volant tan proporcionat a la seva força com ho permeti el local, a fi que no es pari en donar el cargol propulsor o les bombes de les veixigues de pressió.

És indispensable que l'arbre motor sigui independent de tota màquina: aquesta disposició és exigida pel nombre d'òrguens de què es compon un ictini, els quals han de funcionar, adés tots junts, adés a parells i alternativament, adés un sol, i per tant, hom ha de estar contínuament sobre els dispars i les vàlvules de presa de vapor. D'aquí la necessitat que moltes rodes dentades tinguin d'ésser de ferro debatut per a evitar el desgast i consegüent ruptura, que massa sovint en l'actual ictini ha paralytat les nostres operacions.

Com que les dues màquines de vapor tenen un condensador comú,

hom tindrà especial esment de tancar la descàrrega de la una quan va l'altra, o del contrari, mentre funciona la una, l'altra s'emplenarà d'aigua.

Les «purgues» dels cilindres van a parar al dipòsit d'aigües de condensació.

L'instal·lació de les cambres de vapor en els ictinis exigeix una cambra especial fora del mateix cos interior, i en comunicació amb ell, destinada a la col·locació dels cilindres de mescla després de cremats, car, sortint de les cambres de combustió a una temperatura molt superior a 100°, donen molt calòric a l'aire de l'ictini.

El soroll produït pels diversos òrguens i especialment pel ventilador, aconsella l'establiment de tubs acústics i l'ús de xiulets per a la comunicació de les ordres.

*Corredora dels ictinis.* — No es coneix cap mitjà mecànic per a saber fixament el camí recorregut per un vaixell en un temps donat, per no ésser possible apreciar la influència dels corrents; en llargues travessies s'apela a mitjans econòmics, i en les de cabotatge a distàncies conegudes en la costa. Per tant, la corredora només serveix per saber aproximadament la velocitat del vaixell. La submarina està presa del cilindre aforador de Lapointe, que és el mateix molinet de Wolteman, col·locat dins d'un cilindre prou gran amb relació al molinet helicoidal que ocupa el centre per evitar la influència de les parets en la velocitat de l'aigua.

Aquest molinet s'estableix en l'ictini de la faïso següent: en la coberta es practicarà un canal obert per la part superior, de 60 centímetres de diàmetre i 1 metre de llarg, amb els seus dos extrems un poc engrandits a guisa d'embut; en el centre d'aquest canal es col·locarà un molinet helicoidal; el seu radi serà de 15 centímetres i el pla serà paral·lel a les seccions transversals de l'ictini; l'eix del molinet, que serà d'un centímetre de diàmetre, portarà un tornet que engranarà amb una roda de dents helicoidals, d'un eix de 3 mil·límetres de diàmetre, que penetrarà per una petita caixa d'estopes dins la cambra de l'ictini, on estarà el comptador.

Suposem que el pas del molinet sia de 0'25, que el tornet faci marxar d'una dent per revolució de molinet la susdita roda de dents el·lipsoidals i que el nombre d'aquestes sia de 40, i tindrem que 40

revolucions de molinet equivaldran a 10 metres de camí fet i a una volta de la roda de dents helicoidals, l'eix de la qual, com he dit, penetrant en la cambra de l'ictini, marcarà en el comptador els 50 metres que, partits pel nombre de segons esmerçats, ens donaran la velocitat.

*Personal d'un ictini.* — Les màquines de què es compon un ictini han de tenir persones especials per a curar-les i dirigir-les, i en la distribució d'aquestes s'ha d'atendre solament a les funcions principals, que són: govern de la densitat, airejament, màquines de vapor, focs i nivellació. La més important de totes és el govern de la densitat, la qual, per mal govern o per descuit momentani, podria precipitar el vaixell a abismes que amb llurs pressions aixafessin la cambra abans de donar temps per a utilitzar els mitjans extraordinaris que té un ictini per a pujar a la superfície. El govern, doncs, de la densitat pels mitjans naturals de l'ictini, s'ha de reservar al Cap, Capità i Director del vaixell, o al seu segon, els quals, ensems que marins, han de conèixer la part de les ciències físico-químiques que es refereixen a la navegació submarina. Els òrguens que governen la densitat, que per ses pròpies mans dirigirà el capità o el segon, es trobaran en la timonera de l'ictini.

Purificar l'aire, produir oxigen, ventilació i altres òrguens i llurs funcions, estaran a càrrec d'un *airejant*, que en les submersions curarà exclusivament del manteniment de l'aire en les condicions exigides per la higiene.

Els *maquinistes* zelaran totes les màquines, especialment les de vapor.

Els *fogainers* tenen a son càrrec el foc submari, el qual ha de mantenir una pressió constant en la caldera.

Els *nivellants* tenen l'encàrrec de les bombes hidràuliques que procuren la pressió necessària en les veixgues, mitjançant la qual el capità governa la densitat del vaixell, i demés curaran del llast d'equilibri.

Els torrers que proveeixen a les funcions dels fars il·luminadors de l'espai exterior, les llums dels quals, siguin elèctriques o oxidriques, requereixen cures especials i constants.

Els mitjans extraordinaris per a pujar amb rapidesa des del fons,

estaran encomanats als que els tinguin més a prop del lloc que ocupin.

*Operacions en les proves submarines.* — Abans que tot, i això és importantíssim, s'assajaran totes les màquines, totes les aixetes, tots els arbres que comuniquin moviment, tant a les màquines interiors com exteriors, i especialment les dels llastos esfèrics i d'apurament, les bombes d'aigua i aire; i tot el que ofereixi dubte es recompondrà o ajustarà fins a tenir seguretat completa que tot marxa amb la regularitat deguda.

L'ictini ha d'estar perfectament equilibrat: no s'ha de decantar ni a babor ni a estribor, ni a popa ni a proa, i per a la submersió (comptant amb l'aigua de llast, carbons o petroli, tripulació i foc submarí), ha de pesar exactament el que pesa l'aigua que desplaça. Per saldar les diferències en inclinació, es necessitaran llastos de plom i ferro en l'interior; igualment es saldarà en aquesta classe de llastos la diferència de densitat, si aquesta és gran; si es petita bastarà saldar-la en aigua en el dipòsit de la de llast. L'operació d'equilibrar l'ictini tindrà lloc quan estigui acabat i quan per raó d'alguna reforma s'hagi alterat la seva densitat o els centres de gravetat i de sustentació.

El baròmetre indica si la cambra està hermèticament tancada; si, estant la tripulació dintre, puja, és senyal que està tancada; si oscil·la, hi ha algun escapament poc important; i si no es mou, és judici que ha restat alguna cosa oberta, i per tant, es suspendrà la submersió per on té lloc l'escapament. De vegades consisteix aquest en alguna aixeta mal ajustada, o en alguna vàlvula que tanca malament per haver-se interposat algun cos dur entre les dues superfícies de junta; i en un i altre cas, són comunicacions superiors, és a dir, vàlvules i canelles que estan comunicant amb l'aire exterior.

Per procedir a la submersió, es tancarà hermèticament el fogar, deixant-li el carbó que hi hagi, i ensems es treuran els tubs d'entrada d'aire en l'ictini i la part de xemeneia exterior; tancat el fogar, s'encendran els cilindres del foc submarí, a fi que no baixi la pressió en la caldera, i quan estiguin en activitat, es procedirà a la submersió.

S'obrirà l'aixeta superior i les inferiors d'estribor i babor, ambdues

pertanyents a les veixigues que mantenen l'ictini flotant; així es buidaran de l'aire que contenen i s'emplenaran d'aigua.

En aquest estat s'admetrà en el dipòsit d'aigua de llast la que falti per a estar el vaixell en perfecte equilibri amb la que desplaça.

Si la submersió ha d'ésser vertical, s'admetrà aigua fins a fer-se més pesat l'ictini, tenint, però, en compte que les parets de la cambra es contrauran per la pressió i que la fusta del vaixell exterior esdevindrà més pesada, perquè l'aigua la penetrarà, i per ambdues causes augmentarà la densitat de l'ictini; per tant, aquesta darrera admissió d'aigua es farà prudentment, estant sempre disposat el Cap a donar sortida a la comprimida en les veixigues de pressió o natatòries. Els descendiments, i sobretot el vertical, en llocs de fons desconegut, han de practicar-se de fàcil molt suau: sols fent-ho així, el Cap dominarà l'ictini i podrà vèncer els perills, àdhuc aquells que vinguin d'una via d'aigua considerable. L'ictini ha de descansar en els fons erigat de roques, com la lleugera ploma descansa en el sòl; així serà lliure en tots els seus moviments.

Quan la submersió degui tenir lloc estant la nau submarina en marxa, no s'admetrà el llast d'aigua acostumat, sinó inclinant la proa cap avall, mitjançant el llast d'equilibri; d'aquesta guisa s'anirà profunditzant, seguint una diagonal, que s'aproparà tant com se vulgui a l'horitzontal, segons siguin les relacions entre la velocitat, la diferència de densitat i la inclinació de l'eix.

Si la submersió ha d'ésser profunda, s'encendran abans les llums elèctriques o oxiídriques, el mateix la superior que la inferior.

Si ha de durar hores, llavors cal que tots els aparells de purificació d'aire i de producció d'oxigen estiguin en funcions, per tal de tenir l'atmosfera en les condicions naturals exigides per la higiene.

Quan la submersió tingui per objecte la indústria de la pesca, o l'exploració geològica d'un fons, aleshores el descendiment, sempre suau, seguirà la vertical, i quan se camini serà a poc a poc, a fi d'evitar els obstacles del fons.

Els *fogainers* que estiguin encarregats de mantenir una pressió constant en la caldera, llençaran el vapor als condensadors, sempre que la pressió passi del convingut.

L'*airejant*, si no rep avis contrari, que li donarà el Cap quan

s'acosti el moment de l'emersió, no deixarà en cap cas de proveir a la respiració.

El *nivellant*, encarregat de les bombes, sostindrà en les veixigues natatòries la pressió convinguda per endavant, o almenys la doble de la que li indiqui el manòmetre de l'exterior de la mar.

El *maquinista* atindrà a les veus del Cap: *cía, boga, a la via, de pressa, suau, més suau, para*; i quan estigui en aquest cas, a les de: *volta per estribor o per babor*. Quan l'ictini estigui a la via, les veus *estribor, babor*, van dirigides al timoner.

Acabat l'objecte de la submersió, es pujarà suauement, aturant-se l'ictini a 5 o 6 metres de la superfície, a fi d'evitar el topament que podria esdevenir si un vaixell flotant s'escaigués a passar pel lloc que ha d'ocupar l'ictini; la qual cosa inspeccionarà el Cap des dels cristalls de la cúpula: i en aquest estat es posarà en marxa l'ictini i acabarà d'assolir la superfície i posar-se a flotació; vigilant sempre el Cap des de la cúpula.

Per posar-se a surada es tancarà l'aixeta superior, s'obriran les inferiors, es posarà en moviment la gran bomba d'aire, ensems que s'obrirà l'aixeta, per la qual anirà l'aire de la bomba als pous o veixigues de flotació, desallotjant l'aigua que contenen, que sortirà per les aixetes inferiors.

En fer aquesta operació, el *nivellant* tindrà col·locat transversalment un nivell d'aigua, posant-hi la seva atenció; i a fi que l'ictini es posi a surada sense decantar-se, tancarà les aixetes de babor, si el vaixell agafés la inclinació a estribor, o al revés quan passi el contrari. Quan el vaixell està completament a surada, ho indica la fressa de l'aigua que surt per les aixetes inferiors, que en arribar aquest cas es tanquen.

De seguida pot obrir-se l'escotilla, la gran vàlvula de la xemeneia i el fogar, on s'encendran els focs ordinaris i es col·locaran els tubs d'aire exteriors.

La brúixola, dessota l'aigua, obra de la mateixa fàsis que en l'atmosfera, i la corredora marca el camí fet; per consegüent, la navegació submarina té l'indispensable per a oferir guies prou segurs als ictinis, els quals podran dirigir-se per dessota l'aigua a l'acompliment de llurs destins.

## III

## COMPLEMENTES AL CAPÍTOL «RESPIRACIÓ»

El coneixement de la pesantor de l'aire es deu a Galileu. L'aire oprimeix tots els cossos de la superfície terrestre, i aquesta pressió exerceix notabilíssima influència en els éssers organitzats. La pesantor de l'aire sobre un centímetre quadrat és de 1,033 grams; aquesta pressió està indicada per 0<sup>m</sup>76 en el baròmetre de mercuri. La capa d'aire que cobreix la terra té un gruix de 50 a 60 quilòmetres. L'aire és un fluid permanent, inodor, insípid, incolor, diàfan i d'una elasticitat molt perfecta. La densitat de les seves capes inferiors, comparada a la de l'aigua, és de 0'001293 milionèsimes; aquesta densitat va minvant cap amunt en una progressió que s'ignora i que depèn de la mútua afinitat de les seves molècules. El límit superior de l'atmosfera, segons Poisson, s'ha de comportar com un líquid no evaporable; opinió que és quasi una certesa, car, segons els resultats espectroscòpics de Lochkier, així es comporta l'atmosfera d'hidrogen de 8,000 quilòmetres de gruix que rodeja l'atmosfera del sol. (1)

L'aire continuament penetrat pels vapors d'aigua i per les emanacions terrestres, quan és atravesat per l'electricitat dinàmica ha de donar lloc a un gran nombre de productes que potser exerceixen gran influència en la vida. Segons Schoebein, és incontestable que les descàrregues elèctriques atmosfèriques originen la formació d'una petita quantitat d'àcid hiponítric (o millor, àcid nítrós); però aquest químic no ha pogut trobar en l'aigua d'una pluja tempestuosa l'àcid nítrós, sinó nitrit i nitrat d'amoníac; car l'àcid hiponítric format en l'aire satura el carbonat d'amoníac que tanca l'atmosfera.

El mateix químic, en 1840, va assenyalar en l'aire atmosfèric la presència de l'ozon que té aquests caràcters: gas incolor, molt olorós, agent poderós d'oxidació, estable als 15° i destruït vers els 75°. L'ozon és l'oxigen naixent. Per tant, l'oxigen que resulta de la descomposició de l'àcid carbònic per les plantes és ozon, i per aquest motiu es troba

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 16 novembre 1868. Lochkier diu que la capa d'hidrogen està perfectament terminada.

en l'atmosfera. La densitat de l'ozon, segons Soret, és una vegada i mitja la de l'oxigen. (1)

Havent-hi hagut dubtes sobre l'existència de l'ozon en l'atmosfera, Th. Andrews ha provat que el cos dissolt en l'aire atmosfèric que colora el paper iodurat, no és ni l'àcid nítric, ni el clor, sinó l'ozon. (2)

La seva presència, segons Schoebein, es comprova demés amb el paper iodurat i midonat, amb el paper mullat en una dissolució de protòxid de tali, el qual s'ennegreix en pendre un major grau de oxidació amb l'ozon, i esdevé més sensible aquest paper si s'humiteja amb la tintura de guaiac o «palo santo» (3).

Demés de les plantes, produeixen també l'ozon les descàrregues elèctriques.

Vejam en quin grau i com exerceixen les plantes llur influència en l'atmosfera.

*Respiració de les plantes.* — Els estudis dels químics del passat i el present segle, han estat sàviament continuats per molts químics i fisiòlegs, entre ells Dumas i Boussingault (4); i a la vaguetat dels resultats anteriorment obtinguts, aquest darrer ha substituït la claredat de les quantitats precises.

1.<sup>er</sup> Els vegetals elaboren:

Matèries azotades: albúmina, caseïna, gelatina i fibrina que posseeix totes les qualitats de la fibrina que es treu de la sang;

Matèries vegetals: midó, gomes, sucres;

Matèries grasses: olis, grasses.

Contenint els vegetals aquestes tres classes de productes, hom veu que tots els animals, tant herbívors com carnívors, s'alimenten de les mateixes substàncies.

2.<sup>on</sup> Els vegetals s'alimenten de les secrecions animals: aigua, àcid carbònic, òxid d'amoni, ço és: fixen el carboni, l'hidrogen, l'azot, l'aigua dels productes excretats pels animals, i exhalen l'oxigen que contenien.

(1) *Annales de Chimie*; març 1868.

(2) *Annales de Chimie*; quarta sèrie t. XIII, p. 474.

(3) *Annales de Chimie*; quarta sèrie t. XIII, p. 475.

(4) *Etudes sur les fonctions des feuilles*, per Boussingault. — *Annales de Chimie et de Physique*; març 1868.

3.<sup>a</sup> Demés, la planta, segons Dumas, absorbeix calor i electricitat, i precisament calor i electricitat produeix l'animal.

4.<sup>a</sup> L'acció del regne vegetal reduït s'acompleix a favor de la llum solar: els raigs grocs, segons Draper, citat per Boussingault, són els que exerceixen el màxim de descomposició; el roig intens, blau, indi i violat no n'exerceixen cap. (1)

5.<sup>a</sup> Les fulles de les plantes, en l'obscuritat, produeixen àcid carbònic, cremant el carboni mitjançant l'oxigen de l'aire.

6.<sup>a</sup> La facultat reductora de les fulles de les plantes minva si durant el temps que romanen en l'obscuritat estan privades de respirar oxigen; si aquest temps es prolonga de dos a quatre dies, cessa completament la facultat reductora.

7.<sup>a</sup> Les fulles exposades al sol i a l'àcid carbònic pur no descomponen aquest gas, o el descomponen molt lentament. Però el descomponen si la pressió disminueix a 0<sup>m</sup>17 de la columna de mercuri.

8.<sup>a</sup> Les fulles exposades al sol en una d'aquestes mescles: àcid carbònic i aire, o àcid carbònic amb azot o amb hidrogen o amb hidrogen carbonat o òxid de carboni, descomponen ràpidament l'àcid carbònic. Per tant, la presència de l'oxigen en l'aire no és necessària per a la reducció del carboni; però és indispensable que les molècules d'àcid carbònic estiguin separades les unes de les altres per falta de pressió o per interposar-se un altre gas.

9.<sup>a</sup> El volum d'oxigen produït és igual al de l'àcid carbònic descompost.

10. Les fulles que han perdut llur aigua constitutiva són impròpies per a reduir el carboni, encara que se les humitegi i siguin verdes.

11. La cara de les fulles té una facultat reductora superior al dors.

12. La quantitat d'àcid carbònic descompost per un metre de superfície dels dos llims de les fulles durant dotze hores d'exposició al sol, és de 6 litres 336 mil·lèsimes; i la d'àcid carbònic que aquesta mateixa superfície produiria en dotze hores de nit, és de 0'396 litres.

13. Exposades les fulles a la llum difusa, ja sia en temps núvol

(1) Vegeu *Influència dels diversos raigs colorats sobre la descomposició de l'àcid carbònic per les plantes*, per M. Louis Callet; i les *Investigacions sobre la matèria colorant verda de les plantes*, per Filhol. — *Annales de Chimie et Physique*, quarta sèrie, t. XIV.

o a l'ombra, la quantitat d'àcid carbònic descompost no és més que la meitat del descompost a la llum directa.

14. Segons els experiments de Wan Tieghem, l'*Elodia Canadensis* i altres plantes aquàtiques serven la facultat reductora després de tres hores d'haver rebut la llum del sol i estant en completa obscuritat solar i exposades a la llum artificial. (1)

Aquests experiments tenen gran importància en navegació submarina, perquè poden conduir-nos a la descomposició en fred de l'àcid carbònic mitjançant altres agents que no siguin ni la llum solar ni l'organisme de les plantes. Morreu, citat per Dumas, indica que hi ha certs animallets en les aigües, que, a favor de la llum solar, descomponen també l'àcid carbònic; i, com hem vist, Tieghem suposa que la llum solar és capaç d'amagatzemar-se en certes plantes aquàtiques i obrar la descomposició de l'àcid carbònic tres hores després d'estar aquelles en l'obscuritat.

En la Naturalesa està tot tan ben disposat i tan ben compensades les accions recíproques d'uns principis amb altres, que degueren aparèixer alhora l'aparell de reducció i el de combustió: almenys així semblen indicar-ho la semblança en llur faisó d'obrar en certs estats, i el servir l'un a l'altre de complement, com si les seves existències estiguessin invariablement unides.

En efecte: la planta i l'animal comencen la vida exhalant àcid carbònic; ço és, l'ou i la sement germinen cremant carboni; germina la sement produint *esparragina*, que és un producte azotat, que es transforma après en *esparragat* d'amoniac, com la *urea* és una matèria azotada animal que es transforma en carbonat d'amoniac.

Els regnes animal i vegetal, les primeres funcions dels quals són semblants, tenen també semblances en altres períodes, acostant-se els vegetals als animals en l'època de l'eflorescència i en la d'entrar els fruits en saó: en una i altra el vegetal torna a respirar oxigen per a cremar carboni i exhalar àcid carbònic. De guisa, que en els tres grans actes de la seva vida, en el naixement, concepció i reproducció, la planta funciona com l'animal.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*: agost de 1869. — Segons els experiments de Faminzin, citats per Wan Tieghem i Prillieux, i altres darrerament realitzats, sembla fora de dubte que la llum artificial, qualsevol que sia el seu origen, és a propòsit per a continuar en les plantes l'acció reductora de la llum solar.

Demés, durant la nit, les plantes són aparells de combustió; produeixen àcid carbònic, i, segons Dumas, quan la planta no rep calòric, obra també com si fos animal, crema carboni per procurar-se la calor que li falta. Segons Boussingault, les llavors sembrades en l'obscuritat creixen i es desenrotllen, essent sempre aparells de combustió i viuen mentre la sement conté carboni. Lemair, que ha observat l'existència d'infusoris en l'acte de la germinació, admet que aquests la provoquen.

No sembla tot això indicar que el principi de la vida en ambdós regnes és un, però conforme a la llei del dualisme, d'aquest dualisme que cada individu porta en ell, produint els sexes que perpetuen les espècies?

Veu's aquí com s'expressava Lavoisier sobre la fàlisi com es realitza el treball de reducció en les plantes: «Per formar-se una idea del que passa en aquesta gran operació, és necessari saber que no hi ha vegetació sense aigua i sense àcid carbònic; aquestes dues substàncies es descomponen mútuament en l'acte de la vegetació, pel seu costat anàleg: l'hidrogen se separa de l'oxigen per a ajuntar-se amb el carboni i formar els olis i les resines i constituir el vegetal; a l'ensem l'oxigen de l'aigua i de l'àcid carbònic es desprèn en abundància — com ho han observat Priestley, Ingenhousz i Senebier — i es combina amb la llum per a formar gas oxigen.»

Això és (ara podem dir que coneixem l'ozon, l'autozon i l'oxigen en estat neutre): l'oxigen de l'aigua i el de l'àcid carbònic estan en estats al·lotròpics i es combinen entre ells, ensem qu' es forma hidrogen carbonat.

Falta, doncs, per a descompondre en fred l'àcid carbònic, saber quin paper exerceix el color verd i substituir per un altre agent la llum solar.

*Respiració humana.* — Els animals que s'assimilen els productes vegetals per la digestió, mitjançant l'aparell respiratori retornen a l'atmosfera els aliments que necessiten les plantes després d'haver-los sostret la força solar que amb ells estava combinada.

Veu's aquí els resultats dels estudis d'Andral i Gavarret sobre la respiració de l'home:

1.<sup>o</sup> La quantitat d'àcid carbònic exhalada pels pulmons en un

temps donat, varia segons l'edat, el sexe i la constitució dels individus.

2.<sup>o</sup> En l'home, com en la dona, aquesta quantitat es modifica amb les edats, independentment del pes dels individus, sotmesos a l'experiència.

3.<sup>o</sup> En tots els períodes de la vida compresos entre vuit anys i l'edat més avançada, l'home i la dona es distingeixen per la quantitat d'àcid carbònic que s'exhala per llurs pulmons en un temps donat; en igualtat de circumstàncies, l'home exhala sempre una quantitat més considerable que la dona. Aquesta quantitat és molt notable entre els 16 i 40 anys, en què l'home exhala pel pulmó quasi doble quantitat d'àcid carbònic que la dona.

4.<sup>o</sup> En l'home, la quantitat d'àcid carbònic exhalat creix sense parar de 8 a 30 anys, i aquest creixement continu esdevé més gran sobtadament en l'època de la pubertat. Als 30 anys, comença a disminuir l'exhalació d'àcid carbònic, disminució que es realitza per graus tant més marcats quan s'acosta l'home a la vellesa: fins a tal punt, que en el darrer límit de la vida l'exhalació d'àcid carbònic pels pulmons torna a ésser com en l'edat de 10 anys.

5.<sup>o</sup> En la dona l'exhalació d'àcid carbònic augmenta segons les mateixes lleis que en l'home durant la segona infància; però en el moment de la pubertat, ensems que apareix el menstru, l'exhalació, al contrari del que succeeix en el baró, es deté de sobte, romanent estacionària (quasi com en la infància) mentre que la menstruació roman en tota la seva integritat. En retirar-se aquesta, l'exhalació d'àcid carbònic pels pulmons augmenta de manera notable, i després disminueix com en l'home a mesura que la dona avança en la seva decrepitud.

6.<sup>o</sup> Durant l'embaràs l'exhalació d'àcid carbònic s'eleva momentàniament a una quantitat igual a la de les dones que han arribat a l'edat crítica.

7.<sup>o</sup> En els dos sexes i en totes les edats, la quantitat d'àcid carbònic exhalada és tant més gran quant més forta és la constitució i més desenrotllat el sistema muscular. (1)

*Experiments de Regnault i Reiset.* — Regnault i Reiset imaginaren

(1) *Assaig d'Estadística química*; obra citada en la primera part.

i construïren un aparell, que es troba dibuixat i descrit en una obra moderna (1) que ja he tingut ocasió de citar, on durant molts dies pot viure un animal dins un volum d'aire limitat, la composició del qual pot ésser sempre comparada a la de l'ambient, a favor del mateix joc de l'aparell.

Ignoro si aquests experiments varen precedir els meus, si són anteriors o posteriors als meus assaigs en l'ictini que s'han fet públicament; ignoro si els estudis privats que vaig fer abans de 1857, època en què vaig començar el meu vaixell submarí, han estat precedits per algun altre autor; però és positiu que jo no n'he tingut coneixement i en l'actualitat no sé d'altres que dels de Regnault i Reiset, i encara per la publicació citada en la nota. De totes maneres són tan interessants, i aquests autors els han fet tan perfectes i tan prolongats en temps de seqüestració, que és una verdadera joia per a mi de saber per proves pròpies i per les que altres han fet, que pot sostenir-se la respiració en cambres hermèticament tancades d'una faïsc quasi indefinida.

Regnault i Reiset asseguren que alguns experiments previs varen demostrar que els aliments i excrecions sols vicien l'aire després d'un temps bastant llarg, i en conseqüència hom posava en la campana de cristall, on successivament es col·locaven els animals, l'aliment necessari a llur manutenció.

Els esmentats autors reconeixen que els animals no es presten tots amb igual facilitat als experiments fisiològics: moltes espècies moren d'inanició, tenint a llur abast els aliments; d'aquí prové l'estat d'*inanició* i d'*alimentació* que en diferents animals han estat estudiats per Regnault i Reiset. Els gats són desconfiats i no mengen; l'ànc, sense companyia, tampoc menja; la gallina s'alimenta i posa ous que après es menja junt amb la clova; el gos i el conill, admirats de trobar-se tancats, al principi no mengen, però després es resignen i s'alimenten. Veu's aquí un extracte de les conclusions dels experiments de Regnault i Reiset.

*Mamífers i ocells.* — 1.<sup>or</sup>. Quan aquests animals estan sotmesos al règim alimentici a què estan habituats, emeten sempre azot en una

(1) *Traité de Chimie*, per Fremy i Pelouze. — Paris, 1865.

quantitat que no passa mai de dos cèntims del pes de l'oxigen consumit.

2.<sup>es</sup> L'absorció d'azot pels ocells és quasi constant, si hi ha inanició, però jamai en els mamífers.

3.<sup>er</sup> La relació entre la quantitat d'oxigen contingut en l'àcid carbònic i la quantitat total d'oxigen consumit, sembla dependre més aviat de la naturalesa dels aliments que de la classe a què pertany l'animal. Aquesta relació és més gran quan els animals es nodreixen de grans, i sovint passa de la unitat. Quan s'alimenten de carn, la relació és més feble i varia entre 0'62 i 0'80: i sotmesos al règim de llegums, la relació és intermèdia.

4.<sup>t</sup> Quan els animals estan sotmesos a la inanició, la relació entre l'oxigen contingut en l'àcid carbònic i l'oxigen total consumit, en general és una mica més petita que en els animals sotmesos al règim de carn; en aquest cas dóna a la respiració la seva pròpia substància, que és de la mateixa naturalesa que la carn menjada. Tots els animals, doncs, de sang calenta, quan estan famolencs, presenten la respiració dels animals carnívors.

5.<sup>à</sup> La relació entre l'oxigen contingut en l'àcid carbònic i l'oxigen total consumit varia, per al mateix animal, des de 0'62 fins a 1'04, segons el règim a què està sotmès.

6.<sup>à</sup> Lavoisier va intentar demostrar que la calor emesa per un animal en un temps donat, és precisament igual a la que resultaria de la combustió viva en l'oxigen pel carboni contingut en l'àcid carbònic produït, i per l'hidrogen que formaria l'aigua amb la porció de l'oxigen consumit que no es troba en l'àcid carbònic (1). És, doncs, per una coincidència fortuïta que Lavoisier, Dulong i Despretz han trobat que les quantitats de calor emeses són quasi iguals a les del carboni de l'àcid carbònic produït i de l'hidrogen de l'aigua formada cremant en completa llibertat.

7.<sup>à</sup> Les quantitats d'oxigen consumides per un mateix animal

(1) Aquest fenomen de producció de calor per les reaccions químiques que tenen lloc en l'animal, és degut a reaccions més complexes que les admeses per Lavoisier. Les substàncies animals que cremen mitjançant la respiració estan formades de carboni, hidrogen, azot i oxigen; la quantitat de calor admesa en aquesta combustió és a totes lloms diferent de la que produïrien els mateixos elements cremant en estat de llibertat; demés, una part de les substàncies animals és excretada (urea, àcid úric). Fremy i Pelouze.

en temps iguals, varien molt, segons els diversos períodes de la digestió, l'estat de moviment i nombre de circumstàncies que és impossible d'especificar.

8.<sup>a</sup> Per als animals d'una mateixa espècie i pes igual, el consum d'oxigen és major en els individus joves que en els adults, en els animals sans de poques carns que en els que estan molt grassos.

9.<sup>a</sup> El consum d'oxigen fet en temps iguals per pesos iguals de animals que pertanyen a la mateixa classe, varia molt amb la grandària absolut; així és deu vegades més gran en ocells petits, com el verdum i els pardals, que en les gallines. Com que la temperatura d'aquestes diverses espècies és igual i les més petites presenten comparativament una superfície molt major a l'aire ambient, cal que les causes que engendren la calor obrin més enèrgicament i que la respiració sigui més abundant.

10. Els animals de sang calenta exhalen per la respiració quantitats infinitament petites i quasi indeterminables d'amoniac i gas sulfurat.

11. *Mamífers hivernants.* — Els mamífers com la marmota absorbeixen azot; la relació entre la quantitat d'oxigen contingut en l'àcid carbònic exhalat i la de l'oxigen consumit és més feble: de vegades no s'eleva més que a 0'4: aquests animals, doncs, augmenten de pes per la sola respiració; però aquest augment no és indefinit, car de tant en tant l'animal excreta urea.

12. El consum d'oxigen que fan les marmotes durant la seva letargia és  $\frac{1}{30}$  del que consumeixen en l'època del seu desvetllament,

En el moment en què les marmotes surten de la letargia, llur respiració és molt activa, i consumeixen molt més d'oxigen que no quan estan completament despertes.

13. Les marmotes letàrgiques poden viure molt de temps en un aire pobre d'oxigen, que asfixia en pocs moments una marmota desperta.

14. *Animals de sang freda.* — La respiració dels rèptils consumeix a pes igual molt menys d'oxigen que no la dels animals de sang calenta sense que difereixin la naturalesa i la proporció dels gasos

absorbits i exhalats. Els experiments han donat, adés absorció, adés exhalació d'azot.

15. Les granotes a les quals s'han tret els pulmons, continuen respirant a poca diferència amb la mateixa activitat; viuen sovint molts dies i no difereixen gaire les proporcions de gas absorbit i exhalat: la qual cosa sembla demostrar que la respiració de les granotes té lloc principalment per la pell.

Fremy i Pelouze afegeixen a les observacions de Regnault les següents:

16. La respiració dels cucs de terra és comparable a la de les granotes; però la dels insectes és més activa; gasten a pes igual quasi tant d'oxigen com la dels mamífers.

17. En fi, els animals de diverses classes poden respirar normalment en una atmosfera que contingui dues o tres vegades més d'oxigen que l'aire ambient, o bé en una atmosfera on l'azot hagi estat reemplaçat per hidrogen; en aquest darrer cas la respiració és més activa.

Ara sols me resta parlar de l'absorció de certs gasos i cridar l'atenció dels exploradors submarins sobre els funestos efectes que produeixen, a fi d'evitar les reaccions que puguin generar-los.

*Gasos deleteris.* — És d'indubtable utilitat saber els efectes que dels diferents gasos que puguin desenrotllar-se en els ictinis, car per ara no es disposa d'altra força que la del calòric emès per les reaccions químiques, les quals, segons de quines matèries provinguin, poden donar origen a molts d'ells.

Les següents notes són extractades de Thenard. En una atmosfera d'azot, de protòxid d'azot o d'hidrogen sense oxigen o amb poca quantitat d'aquest gas, els animals s'asfixien; però, exposant-los de seguida a l'aire lliure, recobren llurs forces.

Veu's aquí exposats pel químic Davy els efectes del protòxid de azot sobre la naturalesa humana:

«Després d'haver expedit l'aire dels meus pulmons i d'haver-me tapat el nas, vaig respirar 3'52 litres de gas òxid nítric; les primeres sensacions que vaig experimentar foren com en altre assaig les del vertigen i rodament de cap, però en menys de mig minut, continuant sempre de respirar, varen disminuir per graus, essent reemplaçades

per sensacions anàlogues a una pressió suau sobre tots els múscles, acompanyada d'extremitats molt agradables, especialment en el pit i les extremitats; els objectes que hi havia a mon entorn me semblaven més brillants i l'oïda esdevenia més subtil. Cap a les darreres aspiracions, l'agitació va créixer, la facultat del poder muscular va augmentar i per fi va adquirir una propensió irresistible al moviment. Confusament recordo la resta; sols sé que els meus moviments foren variats i violents. Aquests efectes varen disminuir així que vaig deixar d'aspirar el gas, i deu minuts després me vaig trobar en el meu estat natural, prolongant-se més temps que les altres la sensació d'extremament en les extremitats.\*

Thenard, dos dels seus ajudants i Vanquelin varen experimentar efectes semblants respirant dit protòxid d'azot. La respiració es va activar i llurs rostres esdevingueren pàl·lids i blavosos, i hom els jutja plens de força en veure l'ardiment amb què aspiraven el gas; i no obstant, així que se'ls va treure la veixiga d'on l'aspiraven, varen caure desmaiats, romanent alguns segons sense moviment, els braços caiguts i el cap inclinat sobre els múscles.

Quan hom sotmet un animal a una atmosfera formada d'amoniac o hidrogen sulfurat, hidrogen arseniat o deutòxid d'azot, mor sobtadament, i mor també encara que el gas estigui mesclat amb una porció d'aire atmosfèric. El més mortífer de tots és l'hidrògen sulfurat; la seva acció és tan gran, que a penes pot concebre's; puix l'aire que conté  $\frac{1}{1500}$  del seu volum d'hidrogen sulfurat, mata a l'instant un verdu; el que en té  $\frac{1}{800}$  un gos de mitjana talla, i un cavall acaba per morir en el que en té  $\frac{1}{250}$ . Aquests experiments que Thénard i Dupuytren varen realitzar fa 20 anys, i després d'ells Chaussier, proven que basta fer obrar el gas sobre la superfície cutània per a destruir els animals, car és absorbit per les boques absorbents del cutis. (1)

Essent l'àcid carbònic un dels productes més notables i abundants

(1) *Tratado Thénard, completo de química*, trad. castellana. — París, Leconte, 1836.

dels animals, vejam els efectes que produeix en l'home. Per tal de conèixer-los, molts químics han respirat durant algun temps aquest gas, i l'han trobat lleugerament àcid; promou tos, estornuts i transpiració; després sofocació i atribulament i predispesa a la follia. Per poc temps que es prolongui, l'estada en mig d'una atmosfera que contingui gran quantitat d'aquest gas, ocasiona la mort.

Segons Seguin, per experiments executats en ell mateix, quan aquest gas està mesclat amb l'aire en relació de 1 a 13, produeix algun efecte; de 1 a 10 produeix prufja en els pulmons i encongiment de pit, i de 1 a 5 determina l'asfíxia.

S'ha cregut, durant algun temps, que l'òxid de carboni exercia una acció insignificant sobre l'economia animal; però les investigacions de Leblanc demostren el contrari: que aquest gas és molt delecteri i que una atmosfera que en contingui  $\frac{1}{100}$  és mortal per a un

ocell, mentre que podria viure en una atmosfera que contingués  $\frac{4}{100}$  d'àcid carbònic. (Fremy i Pelouze, obra citada.)

Com que l'òxid de carboni no és absorbible per cap substància, que jo sàpiga, que no absorbeixi ensem amb l'oxigen, hom tindrà cura especial de prevenir la formació d'aquest gas en les cambres dels ictinis.

Així, s'evitaran les reaccions sobre el carboni, per beneficioses que a primera vista semblessin. S'ha de rebutjar, per exemple, la combustió del carbó per mitjà dels nitrats, perquè dona lloc a la formació d'aquest òxid i del protòxid d'azot, ambdós mortals.

Els efectes del protòxid d'azot en la naturalesa humana, que també descriuen Davy i Thénard, són massa greus per a no prevenir-nos contra aquest gas; demés, si considerem que per eliminar-lo de les atmosferes artificials no tenim més recurs que dissoldre'l en aigua (que no admet més que mig volum de dit protòxid) o en alcohol (que reté dissolt volum i mig), procurarem que no es generi en les cambres ictínies. Aquest gas es forma per l'acció de l'àcid nítric sobre els metalls; per consegüent, pot formar-se en la combustió del ferro pel nitrat de sosa. Per aquest motiu em vaig decidir a rebutjar dins de l'ictini aquesta combustió, en la qual fa quatre anys que fundava el motor submarí. Pot produir amoníac si es vol evitar la producció

del protòxid d'azot, i malgrat ésser l'amoniac absorbible per l'aigua en una proporció de 670 vegades el seu volum, cal evitar tot el possible la seva formació, perquè les seves emanacions són sempre nocives, i en un espai tan reduït com la cambra d'un ictini són mortals.

Per iguals motius hom ha d'evitar també la formació dels gasos sulfurós, clor, clorhídric, hidrogen sulfurat, cianogen, cianhídric i altres, malgrat ésser absorbibles per les dissolucions alcalines.

*Producció d'origen.* — L'obtenció d'aquest gas en grans masses i econòmicament s'ha considerat en aquests darrers temps molt aventajosa a la indústria de productes químics i a la il·luminació de les ciutats i fars. Aquest projecte ha exercit intel·ligències de primer ordre com les de Bousingault i Sainte-Claire Deville. El primer ha trobat un excel·lent mitjà en la propietat que té el protòxid de bari de convertir-se en biòxid a favor d'un corrent d'aire, quan la seva temperatura és la del roig ombrívol: en aquesta temperatura adquireix un equivalent d'oxigen, que torna a perdre si s'augmenta la calor fins al roig clar.

Sainte-Claire Deville el treu de l'àcid sulfúric que en forma de fil continu fa penetrar en un tub de plati ple d'esponja del mateix metall, tub que ha d'estar a la temperatura roja; aleshores el roig d'àcid sulfúric es vaporitza, i en travessar l'esponja de plati es descompon en àcid sulfurós, que és absorbit per una dissolució de carbonat de sosa, restant l'oxigen en llibertat.

Ni l'un ni l'altre sistema satisfan les necessitats de la navegació submarina, com tampoc els descrits en els tractats de química, car tots suposen un espai i mitjans de què manquen els ictinis.

El procediment de M. A. Mallet, descrit per Dumas (1), pot aplicar-se als ictinis que tinguin motor inanimat. Aquest procediment es basa en la propietat que té el protoclorur de coure ( $Cu^2 Cl$ ) d'absorbir l'oxigen de l'aire i transformar-se en un oxicleurur ( $Cu Cl Cu O$ ) susceptible de restituir l'oxigen quan sigui escalfat vers els  $400^\circ$ , i de tornar-lo a pendre després i així successivament. Aquest procediment facilita l'obtenció de l'oxigen molt pur, quasi sense despesa de matèria primera; perquè les pèrdues degudes a la manipulació

(1) *Comptes rendus de l'Académie de Sciences*, 4 février, 1867.

s'eviten en els aparells destinats a realitzar aquesta fabricació en gran escala; en la disposició industrial, la matèria, continguda en les retortes horitzontals animades d'un moviment de rotació, no surt mai d'aquests vasos; la destil·lació i la verificació es fan en el mateix recipient. A la matèria de coure s'hi afegeix una substància inerte, com l'arena o el caolí, per a impedir la fusió ignia. La rotació de les retortes té per objecte igualar la temperatura i mesclar la matèria, tant per la seva destil·lació com per a vivificar-la per un corrent d'aire. La temperatura necessària relativament és dèbil; no és major que l'exigida per la descomposició del clorat de potassa; així és que pot operar-se en retortes de vidre. La vivificació és ràpida si la matèria és una mica humida i el corrent d'aire convenient; tres o quatre hores basten, mitjançant la rotació de les retortes que afavoreix el contacte incessant de l'aire i la matèria. La pèrdua és quasi nul·la; en petita escala i en una sèrie de dotze operacions fetes successivament sobre la mateixa quantitat de 100 grams de matèria, la qual es treia de la retorta per a vivificar-la, sols han perdut 9 grams per una producció total de 36'760 litres, ço que dona una pèrdua de 1 quilogram per 4 metres cúbics d'oxigen obtingut, ço és, 1 fr. 20, una despesa de 0 fr. 30 per metre cúbic; però no sortint mai la matèria de les retortes, la pèrdua és quasi nul·la. Un quilogram de matèria dona de 28 a 30 litres d'oxigen.

Si s'apliqués aquest procediment en un ietini que, com el primer, no necessités més tripulació que la de sis homes, l'aliment de llur respiració costaria 253 calories per hora; en el supòsit que la calor específica de l'oxiclorur de coure sigui el promedi del protoclorur i de l'òxid, el qual seria 0'14114 de la calor específica de l'aigua, 1 quilogram de la mescla que serveix per al motor submarí, donaria sobradament la temperatura necessària per a la destil·lació dels 5 quilograms d'oxiclorur de coure.

M. I. Robbins ha descrit, davant la Societat de Farmàcia de Londres, un mètode per a obtenir oxigen, basant-se en els resultats assolits per M. Schoebein i per altres químics a propòsit dels tres estats químics en què pot estar l'oxigen.

Un equivalent de bicromat de potassa i 3 de biòxid de bari, polvoritzats i mesclats, en estat de pols seca, es posen en una ampolla, on es deixa caure, a poc a poc, àcid sulfúric, el qual posa en llibertat

l'Àcid cròmic del bicromat i forma aigua oxigenada a despeses del biòxid de bari; trobant-se aquests dos cossos enfront l'un de l'altre, es descomponen mútuament i desprenen oxigen a la *temperatura ordinària*, transformant-se en aigua i òxid cròmic.

Això s'explica, admetent que l'oxigen en l'àcid cròmic es troba en l'estat d'ozon, i el de l'aigua oxigenada en el d'antiozon: així s'ajuntarien per a formar oxigen neutre. (1)

Jo he provat aquest procediment i dóna bons resultats.

Quan el procediment d'extreure l'oxigen del permanganat de potassa hagi arribat a aquell grau de perfecció que han de tenir les operacions químiques dins de l'ictini, potser sia el mètode més aventatjós que per a obtenir-lo s'haurà ideat i del qual la navegació submarina s'aprofitarà, tant per ço que esguarda la respiració com la combustió del ferro dolç i amb aplicació als focs de les calderes, obrant dessota l'aigua i àdhuc en la superfície; però ignoro si el procediment ha arribat a ésser industrial. En aquest cas hi hauria una verdadera economia en obtenir-lo del permanganat de potassa, malgrat cedir solament 1/20 del seu pes en oxigen.

*Producció d'oxigen en l'ictini.* — Els procediments que acabo de esmentar ocupen un gran espai; i encara que no fos per altre motiu, no serien del tot acceptables en les albors de la navegació submarina, en la falta d'experiència i d'espai en la cambra; fins ara han exigit mitjans simples i aparells poc voluminosos. Així és que he preferit treure l'oxigen del clorat de potassa i a favor de combustions metàl·liques; encara que el clorat sigui una substància un poc cara, és aventatjosa per l'economia de l'espai, la simplicitat del procediment i l'aparell i la regularitat de l'operació.

Amb el motor muscular, veu's aquí el procediment que es seguia en l'ictini.

Hom feia la següent mescla:

Llimadures de ferro dolç.....	7
Clorat de potassa polvoritzat.....	3

Aquesta mescla crema des del moment que s'aplica una brasa a un punt qualsevol.

(1) *Cosmos*, 31 de març de 1864, pàg. 386.

N'agafava 500 grams i els col·locava en un pot de llauna amb el seu *cap d'ignició* de què es parla en el capítol de les manipulacions; després, en altre pot més gros, posava un quilogram de clorat de potassa polvoritzat i intimament mesclat amb una desena part de peròxid de manganès; el potet de mescla de ferro ocupava el centre del pot de clorat, sortint fora d'aquest la *metxa del cap d'ignició*. Així disposat, col·locava el pot en una cambra que tancava en un cilindre de palastre d'una capacitat de 150 litres; calava foc a la metxa, tancava hermèticament el generador, es desprenia l'oxigen, el deixava tancat durant cinc minuts a la pressió d'unes dues atmosferes perquè adquirís transparència, i el deixava anar després al purificador de l'aire de la cambra, on deixava l'àcid carbònic; passant d'allí a substituir, en la nostra petita atmosfera, l'oxigen consumit.

Un pot, així disposat, pot ésser guardat durant un any; però als dos anys la mescla ja no crema.

En el generador hi ha d'haver un manòmetre que indiqui la major pressió i, per consegüent, el moment en què hagi terminat la combustió del ferro i, per tant, el desprendiment de l'oxigen. Aquesta operació és ràpida i per això convé que es verifiqui en un recipient de bastanta capacitat; si aquesta fos poca i per mitjà d'un tub hom volgués conduir l'oxigen a un dipòsit més gros, s'usaria un tub de gran diàmetre i recte, per evitar la seva obstrucció pel clorur de potassi, que en gran part es volatilitza i s'enganxa en les parets del conductes: si el tub és recte, hi ha facilitat per a netejar-lo.

El foc submarí que alimenta la màquina de vapor, dona actualment una quantitat d'oxigen susceptible d'augment fins allà on ho reclamin les necessitats de la respiració dels tripulants; però independentment del que subministra el motor, és necessari disposar d'altre deu, encara que estigui fundat en el mateix procediment.

Per a això serveix una de les mateixes cambres de combustió de la caldera submarina, col·locant-hi un cilindre amb la següent mescla:

Zinc polvoritzat .....	1
Peròxid de manganès .....	2
Clorat de potassa.....	2

A favor d'un *cap d'ignició*, es pren foc, es tanca la cambra i s'obre l'aixeta del tub que ha de conduir l'oxigen a la caixa de purificació,

on deixarà l'acid carbònic que es desprèn de la mescla i pendrà la transparència pròpia dels gasos.

Si el cilindre és de 6 centímetres de diàmetre i apretat amb manue-lla, aleshores cada 60 centímetres de cilindre pesen uns 3 quilograms; en aquesta densitat, crema a raó de 2 centímetres, en el sentit de l'eix, per minut. Per cada quilogram de mescla s'obtenen poca cosa més de 100 litres d'oxigen.

Els cilindres així disposats, poden guardar-se no sé quant de temps, si bé sospito que, essent torrat el peròxid i fos el clorat de potassa, podran resistir molt de temps a la combustió lenta a què estan subjectes els metalls en contacte amb cossos oxigenats poc estables.

Si hom vol substituir les llimadures de ferro dolç per zinc, veu's aquí la proporció:

Llimadures de ferro.....	1
Peròxid de manganès .....	3
Clorat de potassa .....	2

En aquesta reacció s'obté tant d'oxigen com n'hi ha de contingut en el clorat, ço és, el 39 per 100 del pes d'aquesta sal.

L'home, quan treballa, consumeix per la respiració prop de mig litre d'oxigen per minut; per tant, bastarà que cremin l'un darrera l'altra cilindres d'aquelles dimensions per a alimentar constantment la respiració de dotze tripulants.

D'una banda, aquests cilindres procuren l'oxigen necessari a la vida; d'altra banda, — com s'ha vist en descriure e's òrguens de la purificació, — el ventilador i la bomba d'injecció de la lletada marxen constantment, absorbint l'acid carbònic i purificant l'aire de la cambra dels vapors d'aigua i dels miasmes putrescibles; així és que bé pot assegurar-se que durant moltes hores l'aire de l'ictini és tan pur i olorós com el que circula pels boscos; es troba en cert estat al·lotròpic que no he tingut l'avinentesa d'examinar, perquè durant les proves de l'ictini no conegui la darrera preparació que ha donat Schoebein al paper ozonimètric, per mitjà de la qual no es pot confondre l'acció de l'ozon amb la del clor.

Arà bé: en qualsevol moment convé conèixer quina quantitat d'oxigen i d'acid carbònic conté l'aire de l'ictini, per tal de saber

si l'airejant col·loca a temps els cilindres en el generador d'oxigen: si aquests donen poc o massa; si la dissolució alcalina absorbeix l'àcid carbònic; en una paraula: si aquests òrguens marxen amb regularitat o si hi ha alguna interrupció en llurs funcions.

Per a això es fa ús de l'ampolla de rectificació, que serveix per a dosar l'oxigen i l'àcid carbònic que contingui l'aire.

La potassa càustica absorbeix tot l'àcid carbònic i l'aigua o mercuri de l'ampolla; estant ben ajustat el tap del tub graduat, pujarà per aquest, i la quantitat d'àcid carbònic absorbida restarà indicada pel nivell de l'aigua o mercuri dins del tub graduat. Hom procurarà que en l'aire de l'ictini no hi hagi mai un u per cent d'àcid carbònic.

El fòsfor consumirà tot l'oxigen que contingui l'aire del tub graduat i, per consegüent, l'aigua o el mercuri pujarà per aquell tub, convenint per a l'oxigen que la graduació arribi a indicar una tercera part del volum total interior del tub. Aquest examen es podrà fer cada mitja hora o cada hora, segons la confiança que inspirin els materials de què es faci ús, la bondat i perfecció dels òrguens i l'habilitat dels obrers que hagin preparat les mescles i les dissolucions.

He d'advertir, respecte a la quantitat d'oxigen mesclat amb l'aire, que no és rigorosament necessari que la proporció sigui de 20'8 per cent, puix pot oscil·lar sense inconvenient entre 18 i 24 per 100.

També he de remarcar, encara que sembli ocios, que dosar l'oxigen i l'àcid carbònic són dues operacions distintes, que han de fer-se no alhora, sinó distintament, si bé poden practicar-se en un mateix instrument.

#### IV

#### MANIPULACIONS

La mescla de les substàncies que amb llurs reaccions constitueixen el motor submarí, requereix vèries operacions que vaig a descriure.

Les substàncies han d'ésser finament polvoritzades, a fi que hi hagi entre elles estret contacte, encara que no sigui necessari que es porti a la intimitat dels cossos que entren en la composició de la pólvora ordinària.

*Peròxid de manganès.* — Tal com ve de les mines és bo per a aquest ús, si bé com més pur millor: es polvoritza en moles verticals, i queda fàcilment convertit en una pols molt fina. El peròxid de manganès és higromètric, i abans de mesclar-lo amb el zinc, convé treure l'aigua que conté. Per a això s'ha de torrar a 200 o 300°, i abans no s'hagi refredat del tot, quan la seva temperatura és de 60 o 70°, es fa la mescla; si no es feia de seguida o es deixava refredar, en caldria una segona.

Si el peròxid de manganès no ha estat torrat, l'aigua que conté a la temperatura ordinària és descomposta pel zinc; als 15 dies de la fabricació dels cilindres, el zinc està ja força oxidat i crema difícilment; als dos mesos la mescla està feta malbé i sols crema afegint-li un 5 per cent de zinc i un 2 per cent de clorat. Demés, si hom els usa fets de poc, donen bastant d'hidrogen; perquè els vapors d'aigua, en atravesar la metxa encesa dels cilindres, cedeixen llur oxigen al protòxid de manganès, que es converteix en òxid roig.

Hi ha tanta de facilitat en el protòxid per a passar a l'estat d'òxid roig, que basta que estigui exposat a l'aire quan està polvoritzat i a la temperatura ordinària, perquè tres molècules de protòxid s'ajuntin a una d'oxigen: i a aquesta propietat ha d'atribuir-se la descomposició dels vapors d'aigua en els cilindres de mescla.

Aquesta propietat ens adverteix també que no ha d'abundar el clorat en la mescla d'aquest peròxid amb el zinc; perquè l'oxigen del clorat serviria en gran part per a formar òxid roig, en atravesar la part cremant del cilindre i quan la temperatura no s'hi oposés. El clorat ha d'entrar en aquesta mescla com a excitant, en una proporció limitada entre 2 i 5 per cent; entre aquestes proporcions resta lliure un poc d'oxigen, i el calor de la brasa arriba ja al roig clar en la perifèria, mentre que el centre del cilindre ateny l'albat.

Queda, doncs, provada la necessitat de torrar el peròxid de manganès abans de realitzar la mescla, i així resulta: 1.<sup>or</sup>, que s'estalvia el calòric necessari per a l'evaporació de l'aigua en els cilindres; 2.<sup>or</sup>, que s'estalvia també l'indispensable per a descompondre una part de l'aigua que conté el peròxid, i 3.<sup>or</sup>, que s'evita la producció d'hidrogen.

*Zinc.* — La polvorització del zinc s'obté fent-lo a un foc moderat, dins d'un gresol de ferro, col·locant-lo, un cop fos, en quantitats

de 2 a 3 quilograms, en un vas de ferro bastant profund i cònic, on es remena en totes direccions amb espàtules de ferro amb mànecs de fusta, i a mesura que es va refredant, en lloc de cristal·litza en grans facetes, si l'agitació és viva, ho fa en petitíssims cristalls. Però com que sempre resten boles de la mida d'un pèsol i àdhuc més grosses, es passa tot per un tamís de tela metàl·lica i ço que hi resta torna al gresol. El zinc així polvoritzat té l'aspecte d'arena finíssima.

Seguint aquest mètode, dos homes polvoritzen 160 quilograms diaris, sostenint bé aquest treball, i malgrat aspirar continuament la pols del zinc, no experimenten cap alteració en llur salut. La pèrdua total del zinc, tant en fondre'l com en la pols que s'aixeca en sacsejar-lo, no arriba a un 5 per cent.

Polvoritzar el zinc, picant-lo en el morter a la temperatura de 200 a 300°, com indiquen alguns autors, és un treball pesat i de resultats exigus. El mètode descrit ha estat trobat pels tripulants de l'ictini practicant el recomanat en les obres de química.

Es facilita molt l'operació si el vas de ferro on es remou el zinc per a esmicolar-lo és dins d'una bóta on hi hagi molta d'aigua, que pugui canviar-se quan sigui calenta; del contrari, el vas assoleix una temperatura massa elevada i el sacseig es prolonga.

*Mescla.* — Un cop torrat el peròxid de manganès, i estant a una temperatura de 60 a 70°, es posa un torn octògon, sostingut per dos muntants, sobre els quals descansa l'eix, que té en quiscun dels seus dos extrems una maneta. Després s'hi tira el zinc i el clorat en aquestes proporcions:

Peròxid de manganès .....	120
Zinc .....	75
Clorat de potassa polvoritzat .....	10

---

205

El torn ha d'estar ben tancat perquè no s'escapin els materials. Dos homes donen voltes a les manetes durant una hora, passada la qual la mescla és bastant íntima i homogènia per a ésser col·locada en els cilindres.

Per a aquesta classe de mesclades s'ha de partir dels equivalents químics dels cossos que entrin en llur composició, i amb referència a la que ens ocupa, copiaré la nota que em va servir per al primer assaig:

•Mn = Manganès, equivalent 344'68.

MnO = Protòxid de manganès 444'68 = 344'68 + 100 oxigen.

MnO<sup>2</sup> = Peròxid de manganès 544'68 = 344'68 + 200 oxigen.

Els dos òxids intermedis són fàcilment reductibles a protòxid, mitjançant l'hidrogen; per tant, el peròxid pot passar a protòxid.

El peròxid no és estable; pot abandonar 100 d'oxigen i cedir-lo a altre cos; per exemple, al zinc.

L'equivalent del zinc = Zn 406'50.

Així, doncs, mesclant 344'68 de peròxid de manganès amb 406'50 de zinc, hi haurà reacció; és, el zinc s'apoderarà de la meitat de l'oxigen del peròxid, si hi ha una quantitat de calor inicial suficient que determini la reacció en un punt qualsevol de la massa. I el resultat serà el següent:



Ara bé: com que MnO per a passar a MnO<sup>2</sup> gasta probablement poc calòric i el zinc en oxidar-se n'emet molt, aquesta mescla pot ésser un generador de calòric.

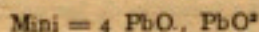
Com que el peròxid de manganès, tal com se troba en les mines, no és pur, conté carbonats, etc., la proporció indicada deuria alterar-se i excitar-se la mescla pel clorat de potassa.

En efecte: després de molts assaigs — per al peròxid de manganès de les mines d'Aragó — la proporció indicada més amunt va resultar ésser la més convenient, tant amb referència a la vivor del foc, com per a emetre oxigen.

O<sup>2</sup> 500 de dita mescla produeixen un litre d'àcid carbònic.

Conté aquest peròxid 1'5 per cent d'aigua.

Si ens proposem *combúrir* el zinc a favor de l'oxigen del mini, ens referirem als seus equivalents per a saber la proporció en què han de mesclar-se aquests dos cossos, i direm:



conté 5 àtoms de plom i 6 d'oxigen; i essent l'equivalent del plom 1,294'50, el del mini serà  $(5 \times 1,294'50) + (6 \times 100) = 7,072'50$ .

Suposant que puguin desprendre's les 6 molècules d'oxigen per a cremar-ne altres tantes de zinc, aquest deurà entrar en la mescla en la quantitat de  $6 \times 406'5 = 2,439$ ; i, en efecte, mesclades íntimament tres parts de mini i una de zinc, cremen tranquil·lament, sense que es desprengui cap gas que no sigui absorbible per la lletada de calç. Encara que estigui tan comprimida aquesta mescla com la del peròxid de manganès i zinc, crema amb regularitat. Els residus són òxid de zinc i plom reduït; 600 grams de mescla donen 77 calories. Aquest foc és pobre de calor, però ric de residus, donada la quantitat de plom reduït.

Si per comptes d'oxigenar el zinc, el ferro, etc., es tracta de sulfurar-los, seguint la mateixa regla dels equivalents, s'escolliran cossos en estat de persulfurs, susceptibles de descompondre's per la calor. No obstant, mentre l'ictini no hagi passat d'aquesta primera època que pot dir-se d'assaig, no crec prudent afegir a les dificultats d'un art tan recent els perills de la sulfuració, que es presta a l'emmetzinament de l'atmosfera de la cambra submarina.

*Cilindres de mescla.* — Els cilindres que he usat en l'actual caldera són de làmina de ferro dolç d'un mil·límetre de gruix, 54 mil·límetres de diàmetre exterior i 68 centímetres d'eix. Aquests cilindres, després d'ardents, es buiden colpejant-los amb una massa de fusta, per no fer-los malbé; per aquest motiu la làmina ha d'ésser dolça i no agre, la qual s'esquerda en netejar-los. Han d'estar soldats fortament i no convé que siguin de coure, perquè fonen i cremen dins de les mateixes cambres de combustió i ensems que crema la mescla.

Seria aventatjós que les cambres de combustió tinguessin un diàmetre de 9 a 10 centímetres; en aquest cas els cilindres serien de 8 centímetres, lleugerament cònics, i el gruix de parets de 3 mil·límetres. Així durarien molt més, no es deformarien i seria fàcil de netejar-los.

Per emplenar aquests cilindres, es tanquen per un extrem amb un tap de planxa de ferro que porta revores de 3 centímetres d'alt i una anella o balda per a treure'ls de les cambres. El *tibrador* amb què es prengui la mescla, ha d'ésser en forma d'embut, i la seva part estreta ha de tenir el diàmetre del cilindre. La mescla s'atacarà amb manella de ferro de puntal larga i al final obtusa. La densitat

de la mescla, per a estar en bones condicions de transport i perquè cremi d'una manera regular, ha d'ésser, comparada a la de l'aigua, com 3 és a 1; un quilogram ordinàriament ocupa en els cilindres un espai de 300 centímetres cúbics. Si estigués fluixa en els cilindres, en ésser transportats en carros, el zinc se separaria del peròxid de manganès i per consegüent no hi hauria reacció.

Piensa els cilindres fins a faltar només dotze centímetres, es deixen acabats posant-los rêu i metxa de la faisó que es dirà.

*Cap d'ignició.* — Es compon d'un con de planxa de ferro de 7 centímetres d'eix, que acaba amb un tub de sols 3 centímetres de llarg i d'un diàmetre exterior igual al de l'interior del cilindre de mescla. La part cònica ha d'estar plena de forats com una regadora, els quals es tapen amb una fulla de paper engomat, al temps d'emplenar-se de les composicions que constitueixen els seus. Aquests forats i l'arena que es col·loca en el buit que resta entre la part cònica i les parets del cilindre, tenen per objecte purgar els gasos que, ràpidament i abundant, es desprenen dels seus, arrossegant òxids de zinc i manganès i clorur de potassa, els quals obstruirien els conductes: els tamisos d'arena retenen en gran part els òxids i el clorur, ja perquè exerceixen les funcions d'un vertader filtre, ja perquè, robant-los temperatura, deixen d'ésser volàtils.

Hom col·loca successivament en el con l'esca i el paper preparats que serveixen de metxa, les composicions *A* i *B*, que més endavant s'indiquen, i la mescla del cilindre: unes i altra han d'estar també bastant comprimides, per tal que en transportar-les no es facin malbé.

L'esca i el paper han d'estar preparats com les etiquetes o segells de correus, amb aquesta dissolució de goma:

Aigua de goma espessa .....	4
Clorat de potassa .....	4
Succe tercejat .....	1

Aquesta dissolució s'estendrà damunt el paper amb una brotxa, procurant sempre que la pasta sigui homogènia, la qual pasta es remenarà sovint, perquè el clorat polvoritzat es precipita. Els papers així preparats es col·locaran sobre planxes calentes, a una tempera-

tura que no passi de 100°, a fi que s'assequin; car en lliure ambient i a l'estiu, després de 48 hores, encara contenen massa aigua i no cremen. Els papers així preparats no han d'ésser trencadissos, altrament, quan s'enrotllen sobre l'esca no serveixen.

Es tallaran tires d'esca de 2 a 3 mil·límetres d'estaire i de 4 centímetres de longitud i s'untaran a la meitat amb les indicades pastes de goma cloratada i ensucrada.

El paper clorat es tallarà en tires de 3 centímetres d'amplada per 6 de llarg, en forma de paperina, i l'eix serà l'esca; hom procurarà que la part untada vagi dins de la paperina, sortint 2 o 3 mil·límetres fora. Així, en encendre l'esca, es comunicarà per la part untada al paper i d'aquest al seu primer, al segon i, per fi, a la mescla.

El seu és viu i desenrotlla una temperatura elevadíssima; veu's aquí la seva composició:

A)	{	Zinc .....	53
		Clorat de potassa .....	31
		Peròxid de manganès .....	16
			100

El peròxid de manganès entra en aquest seu com a matèria inerta i que al mateix temps dóna oxigen. En la proporció de 53 de zinc per 31 de clorat, es forma una mescla explosiva que el peròxid modera.

Hom posa aquest seu en la paperina; basten 2 o 3 grams, i s'acaba d'omplernar del segon seu, la composició del qual és com segueix:

B)	{	Zinc .....	45
		Clorat de potassa .....	19
		Peròxid de manganès .....	36
			100

En aquest segon seu el peròxid hi entra com a comburent, i així el foc no és tan viu, si bé la temperatura és forta.

Veu's aquí com se confeccionen els caps d'ignició:

Es pren una tira d'esca untada; s'hi enrotlla en forma de paperina

el paper cloratat; s'hi posa una mica de sèu; es tanca la boca de la paperina amb els dits polze i índex de la mà dreta per a introduir-lo en el con de regadora, procurant que no solament surti la tira de l'esca, sinó també el vèrtex de la paperina; en aquesta disposició s'obre la boca d'aquesta i s'hi tiren 60 o 70 grams del sèu, s'apreta fortament i s'acaba d'emplenar de la mescla ordinària. Després, amb un paper de goma ordinari, es tapa la base del con, i està acabat el *cap d'ignició*, el qual s'introdueix en el cilindre de mescla, es col·loca l'arena i es subjecta el *cap d'ignició* amb un tap de planxa en forma de tub, amb alguns forats de regadora; aquesta tapa té un forat central prou gran perquè pugui penetrar-hi el vèrtex del con, pel qual s'art una mica el paper cloratat i l'esca. Sols he de fer avinent que l'arena ha d'ésser torrada i de la grandària del blat, per tal que no caigui en transportar-la; es passarà per un tamis els forats del qual siguin de tres a quatre mil·límetres de diàmetre, i la que hi resti serà la bona. Es suposa que les cambres de combustió i, per consegüent, els cilindres de mescla estan en sentit horitzontal.

*Diafragma.* — Col·locats els cilindres de mescla en llurs respectives cambres de combustió, i per tal d'impedir que s'obstrueixin els conductes amb els òxids que arrossequen els gasos que es desprenen de la mescla, hom posa diafragmes cilíndrics amb tapes de ferro i forats de regadora, que contenen arena; la part tubular de cada diafragma ha d'estar ajustada al diàmetre de dites cambres.

Un cop encesa l'esca, es col·loca el diafragma i es tanca la cambra de combustió amb tapa embarrada amb un «lut» d'argila i subjecta per mitjà de brida perquè faci punta i no puguin escapar-se els gasos en llur camí a la caixa d'absorció.

Les cambres de combustió del segon Ictíneo tenen 6 centímetres de diàmetre i 1<sup>m</sup>50 de llarg i en cadascun s'hi col·loquen dos cilindres de 68 centímetres de llargada.

El treball de tres homes durant un dia és suficient per a preparar 100 cilindres, realitzant totes les operacions que acabo de descriure. Els cilindres produeixen un treball útil d'un cavall de força durant cinc hores.

Si en els focs submarins faig ús solament del zinc com a combus-

tible, és per aquests motius: 1.<sup>o</sup> Les llimadures de ferro dolç, puces, sense mescla de ferro colat, són tan escasses que sempre he tingut de pagar-les un poc més cares que el zinc; 2.<sup>o</sup> El zinc es polvoritza amb tanta de facilitat que, fins després d'haver fet el treball de reduir-lo a pols, és més barat que les llimadures de ferro; 3.<sup>o</sup> Perquè entre la temperatura que emet el zinc i el ferro per una mateixa quantitat d'oxigen, és major la del zinc que la del ferro.

Demés, com que fent ús de les llimadures de ferro dolç — i bastarà un sol icini per a donar-los un valor extraordinari — hi haurà interès de falsificar-les per mitjà de les que provendrien del ferro colat, en aquest cas la quantitat d'àcid carbònic que produirien seria enorme. I això cal que ho tinguin en compte els que, atrets per la facilitat amb què crema el ferro colat, degut al carboni que conté, volguessin aprofitar aquest material com a combustible en les cambres submarines.

El ferro colat conté de 2 a 4 per cent de carboni; suposant un terme mitjà de 3 per cent, cada quilogram contindria 30 grams, que, combinats amb l'oxigen en la combustió del ferro, donaran a la temperatura i pressió ordinàries uns 60 litres d'àcid carbònic; ço és, 2 metres per cavall de força i per hora.

En les reaccions que constitueixin els motors submarines, s'ha de cercar, perquè siguin econòmiques, l'obtenció de cossos compostos o reduïts, el valor dels quals sigui estimat, és a dir, que tinguin una gran aplicació industrial.

*Combustió del ferro.* — Ja he dit que la combustió del ferro pels nitrats tenia tan greus inconvenients, que havia de rebutjar-se el seu ús en la navegació per dessota l'aigua. Certament la quantitat de gasos que provenen del nítrat és portentosa; referint-me a la millor mescla entre ell i el ferro, que és 220 ferro i 170 nítrat — la qual dona abundant oxigen, que és allò que s'ha de procurar, per a evitar la formació d'amoníac, ço que succeeix sempre que el nítrat de sosa és defectuós — he de fer notar que un quilogram d'aquesta mescla conté 436 grams de nítrat, que donen en azot lliure, a la pressió i temperatura ordinàries, uns 60 litres.

Proscrit l'ús d'aquesta mescla en les calderes de l'ictini i substituïda per la del peròxid de manganès i el zinc, que amb tan d'excel-

lents resultats ha afavorit la navegació submarina, i no tenint altra mira que la d'embaratar la combustió subaquàtica, hauria continuat els experiments començats en 1863 a fi de cremar ferro mitjançant l'oxigen pur, si el procediment de sobreoxigenar el manganat de potassa a favor d'un corrent d'aire i desoxigenar el permanganat pel vapor d'aigua fos un fet industrial. Aquest procediment d'obtenir oxigen no costa més que la força que s'esmerça en agitar el manganat i en promoure un corrent d'aire sec i pur després i un corrent de vapor d'aigua, la qual cosa redueix la valor de l'oxigen a la despesa que es fa de carbó per a aconseguir l'agitació de la substància, de l'aire i del vapor.

Cremant els relenigs de ferro dolç dels tallers de maquinària, tindrem, per altra banda, un material molt més barat que el zinc; certament, poca cosa valen les desferres del torn, de l'escarpa, dels ribots, de la plataforma, del taladre, els fils i arenes de ferro de les fàbriques de puntes de París i dels filferros, els claus i ferro vell, etcètera; i no obstant, aquests material abundants, que tan poc valen, són un excel·lent combustible per als forns de les calderes submarines. Els residus d'aquesta combustió que es presenten en masses poroses, constitueixen un material de ferro sense escòries i subjectats a les forges catalanes donarien el millor ferro dolç, car seria pur; així, aquests residus vindrien a disminuir el preu del foc submarí.

El procediment a favor del qual he oxidat el ferro, consisteix en un cilindre que anomenaré fornec, de planxa de ferro vertical, de 20 centímetres de diàmetre i 8 mil·límetres de gruix de parets, en el fons del qual poden posar-se uns 300 grams de llimadures de ferro íntimament mesclades amb clorat de potassa i peròxid de manganès en les proporcions indicades per llurs equivalents químics, a la qual anomenaré *sèu*. Sobre aquesta mescla es fixa un tub que ocupa el centre del fornec, el qual es carrega de flocs de ferro fins a emplenar-lo completament, sense altra cura que la de posar un poc de ferro en llimadures i altres parts tènues immediatament sobre la mescla, a fi de facilitar el contacte de la càrrega amb la mescla anomenada *sèu*. El tub central ha de comunicar amb un recipient que contingui aire o oxigen. Carregat el forn pel tub central, es deixa caure un petit *cap d'ignició* amb l'esca encesa, es tanca la tapa supe-

rior del forn i es dona aire o oxigen. El foc passa del cap a la mescla i d'aquesta al ferro, que crema com si fos carbó.

Els productes gaseosos d'aquesta combustió, quan crema a favor de l'aire, són azot i àcid carbònic, i sols aquest darrer quan crema mitjançant l'oxigen.

En un forn de 0'26 centímetres de diàmetre i 3'00 de profunditat hi caben 112 quilograms de flocs de ferro, els quals donaran una força de 8 cavalls de força durant una hora.

Les juntes del corn, del tub i de la tapa superior es fan amb argila.

Quan tot està disposat, s'obren les dues aixetes laterals i l'oxigen passa pel tub i es combina amb el ferro incandescent que està en contacte amb la mescla que està cremant. A mesura que es fa aquesta combinació, l'òxid de ferro liquidat se'n va cap al fons del forn, mentre el ferro superior va baixant, i a son torn esdevé incandescent i líquid. El tub també es fon i es va cremant.

Des del moment que es calculi que la combustió és seguida, es deixaran les aixetes una mica obertes, i s'obriran més quan es vulgui activar la combustió.

En el dipòsit generador d'oxigen hi haurà una pressió de dues atmosferes; en el dipòsit de l'oxigen que ha passat pels forns i pel purificador no hi ha d'haver més de 1 at. 5.

Una bomba l'ha de treure de la caixa de purificació per a restituir-lo al generador.

De falsó que el camí que segueix l'oxigen és aquest:

- 1.<sup>er</sup> És en el permanganat de potassa, d'on l'extreu un corrent de vapor.
- 2.<sup>on</sup> Oxigen i vapor van a parar a tubs refrigerants, banyats exteriorment per l'aigua de la mar.
- 3.<sup>er</sup> Una bomba l'extreu dels tubs i el comprimeix en un dipòsit generador.
- 4.<sup>rt</sup> D'aquest passa als forns a comburir el ferro.
- 5.<sup>è</sup> El sobrant va a una caixa de purificació a deixar els àcids carbònic, fosfòric, sulfurós, etc., provinents de la impuresa del ferro.
- 6.<sup>è</sup> De la caixa de purificació, per una altra bomba, va a parar altra vegada al dipòsit generador per a tornar als forns.

Del dipòsit generador es pren el que es necessita per a la respiració i alimentació dels llums.

Aquest procediment per a cremar ferro és el resultat d'un gran nombre d'experiments que vaig verificar en 1863 i 1864, adés a favor d'oxigen pur, adés per mitjà de la injecció de l'aire; en un i altre cas ha donat resultats satisfactoris i complets. No el vaig adoptar en el Ictíneo, per no disposar d'un mitjà barat de treure oxigen dels cossos que el contenen; però, en arribar a ésser industrial el mètode de sobre-oxigenar el manganat de potassa i el de reducció, aleshores la navegació submarina podrà fer ús del procediment descrit per a obtenir calor, la qual s'adquirirà a poc preu.

La caldera, en aquest cas, ha d'estar disposada com ho indica la figura especial que dedico a l'esclariment d'aquest punt (1); igual disposició pot tenir per als focs de les mescles ja descrites. De fàisó que en qualsevol època que es trobi un procediment barat per a produir oxigen, podrà aplicar-se a la combustió del ferro en les calderes dels Ict n's.

*Producció de gasos per a les veixigues natatòries.* — És bastant dificultós de fer una pressió major de 10 atmosferes a favor de bombes d'aire; perquè les soles de les bombes i àdhuc llurs cossos es tornen molt calents amb el fregadís, encara que estiguin banyades exteriorment per l'aigua; i sobretot perquè els espais nocius a pressions elevades, i les pèrdues naturals de les bombes, a major pressió que la indicada de 10 atmosferes, representen un volum d'aire igual al de la capacitat del cilindre. Així és que per posar pressió en les veixigues natatòries em vaig separar dels aparells mecànics, decidint-me a generar els gasos i que es comprimessin ells sols, al sol efecte de desenrotllar-se dels cossos que els contenen.

Per a això serveix la combustió de la hulla per mitjà del nitrat de sosa, mesclant-los amb un cos inert com l'òxid roig de manganès. A fi d'obtenir un desprendiment de gasos gradual, la mescla dels tres cossos indicats ha de subjectar-se a la pressió d'una premsa mecànica, fins que la massa adquireixi aquell punt de duresa que difícilment es deixi esgratinyar amb la unglà. Així s'obté un agregat de força

(1) Aquesta figura pertany a la *Memoria sobre un Ictíneo militar*.

densitat que crema d'una manera successiva, encara que sigui sota una pressió de 16 atmosferes, a la qual he pogut provar-la; i no d'una manera instantània o bastant ràpida que produís tal vegada una explosió.

Veu's aquí les proporcions:

Nitrat de sosa .....	50
Hulla de Cardiff.....	8
Òxid roig de manganès .....	42
	100

Un quilogram d'aquesta mescla a favor de la combustió, i en l'espai d'uns minuts, desenrotlla 150 litres de gasos, sense que hagi notat que es desprengui àcid nítric, com succeeix si la matèria inerta és la calç apagada.

Abans de tancar l'aparell on ha de cremar la mescla, es posa sobre d'aquesta un *cap d'ignició*; després es desenrotllen gasos, marcant-ne la tensió el manòmetre, els quals passen del generador al cilindre depurador, on deixaran no sols la sosa càustica que arrosseguen amb ells, sinó també si alguna petita quantitat d'àcid nítric es formés, la qual atacaria les veixigues natatòries.

L'aparell ha d'estar disposat de faisé que els tubs de comunicació amb el cilindre depurador puguin netejar-se amb facilitat de la una a l'altra operació, si fos necessari; si bé l'experiència m'ha provat que, mentre els tubs tinguin un diàmetre de 6 centímetres, tarden força a obstruir-se.

Suposant que en les veixigues natatòries ja hi hagi pressió, l'aixeta del generador al depurador no ha d'obrir-se fins que el manòmetre indiqui una pressió major que la de les veixigues; del contrari, l'aigua que conté el cilindre depurador aniria a apagar el foc de la mescla i es faria malbé l'operació.

En les veixigues natatòries, ja he dit que els gasos havien d'estar a una pressió inicial superior a la que experimentarà l'ict n; en el seu descens; així és que, si aquest ha de treballar a 50 metres, la pres-

sió inicial deurà ésser almenys de cinc atmosferes, i si ha d'arribar a 100 metres, 200, 300... de profunditat, aquella serà respectivament de 10, 20, 30... atmosferes. Aconseguida la pressió inicial, s'injecta aigua en les mateixes veixigues natatòries, a favor de bombes robustes, fins a obtenir una pressió d'ible a la inicial dels gasos. En aquest estat es pot emprendre la submersió, en la seguretat que, no passant més enllà de la profunditat proposada, el cap de l'ictini el dominarà en els descensos i ascensos, tal com s'ha explicat en l'article *Relacions entre la profunditat i el motor, i veixigues natatòries*.

## V

### APLICACIÓ DE L'ICTINI A LA GUERRA

En emprendre aquesta part del meu treball em considero bastant incompetent per a donar solucions pràctiques que siguin de primer antuvi aventatjoses. Hi ha en les aplicacions, quan sols han estat precedides d'un breu nombre d'experiments, encara que tots ells hagin estat bons, tants d'inconvenients, que solen crebantar la voluntat del que les intenta. No és possible prevenir a priori les contrarietats de segon ordre que s'aniran presentant successivament i que d'una manera aparent contradiran els fets o assaigs primaris, fonament del sistema. I sense cercar exemples en altres arts, citaré Armstrong, que, malgrat haver-lo convençut els fets que els canons encintats tenien més resistència que els construïts d'una sola peça, i que la massa del projectil devia intervenir tant com la velocitat de topament en la penetració del blindatge; no obstant, no va aconseguir en els primers canons que va fabricar per a la marina, ni la fortalesa de aquests, les cintes dels quals es deslligaven, ni suficient duresa en els projectils, ni la penetració de les cuirasses i això que havia precedit a aquests assaigs el bon èxit que varen tenir els seus lleugeríssims canons de campanya en la guerra de Xina.

Per ço que esguarda al meu afer, he de dir que és positiu que existeixen relacions íntimes entre la resistència d'una obra que es preté

destruir i la quantitat de pólvora que s'ha d'emprar; és igualment positiu que un ictini va per dessota l'aigua a un lloc determinat i amb una velocitat, que depèn del seu motor, igual a la dels vaixells flotants; com també és cert que les naus submarines poden portar agents destructors, i per tant, és segura la pèrdua d'un enemic que ataquí ports i costes defenats per elles. Si, doncs, la pràctica de les armes de defensa que proposo oferís inconvenients, no podran atribuir-se a error fonamental del sistema, sinó a imperfecció de detalls, deguda a falta d'assaigs previs.

Els meus sobre les aplicacions de l'ictini a la guerra marítima han donat el següent resultat, que pot servir de fonament als estudis posteriors que s'empenguin. Estant dins l'Ictíneo, a 7 metres de profunditat vertical, carreguem un canó curt, d'ànima llisa, de 0<sup>m</sup>10 de diàmetre, amb un quilogram de pólvora; després pugem, quedant ve'ats pel fluid i tenint uns 0<sup>m</sup>50 d'aigua sobre la boca del canó; en aquesta disposició hem tirat. Si, per imperfecció de la càrrega, el tret no ha sortit, hem tornat a baixar a 7 metres, canviant la càrrega i pujant després per tirar; tornant a baixar i carregar, per desguida pujar i tirar, esmerçant en cadascuna de aquestes maniobres uns 10 minuts. Així hem fet uns 30 disparats. (1)

Aquestes són les úniques proves que, com a vaixell de guerra, ha fet l'Ictíneo; però són suficients per a assajar fructuosament i en major escala una arma submarina contra un enemic poderós, revestit de ferro i que pot destruir a mansalva les ciutats marítimes, centre de riquesa i afeccions. Est any als afers de la marina, vaig sol i sense precedents que m'abonin; però en considerar que aquests colossos de la mar son fills de l'orgull d'unes nacions que tantes vegades ens han humillat, confesso que, sense examinar si les meves forces pròpies corresponien a l'objecte, m'he cregut competent per a intentar l'enfonsament d'aquestes masses de ferro que tenen en constant alarma els Estats, els recursos dels quals no corresponen als dispendiosos progressos de la guerra.

*Aiac.* — Quan els pobles aixecaven castells de fusta per dominar

(1) Per a la maniobra de càrrega i dispar del canó de l'Ictíneo, vegeu la tercera part.

les bateries dels ports, potser els aventatges estaven de part d'aquestes; però des que els vaixells es varen revestir de ferro per resistir al canó i projectil Paixhans, varen adquirir l'aventatge d'ésser superiors a les obres de defensa dels ports.

Els canons Paixhans (1) llençen projectils buits que esclaten en penetrar l'obra viva dels antics vaixells de fusta, la qual cosa va donar origen al plantejament dels cuirassats. Aquests varen ésser primerament adoptats com a bateries blindades en la guerra d'Orient, davant la destrucció instantània de la flota turca, a Sinope, per l'esquadra russa, i a favor de dita classe de canons.

D'aquest fet data la lluita moderna experimental entre la cuirassa i el projectil; lluita en què han esmerçat milions de lliures esterlines Anglaterra, França, els Estats Units i Prússia.

Si les cuirasses varen resistir l'acció de les bales esfèriques de 68; si els primers canons de marina d'Armstrong de 110 no van aconseguir penetrar-les, varen sucumbir a la força viva dels projectils de 150, 200, 300, 600 i 1,000 lliures d'Armstrong, Whirworth Scott (anglesos) i Rodman (dels Estats Units). Els projectils ogivals, plens o buits, travessen els blindatges de 28 i 30 centímetres de gruix que sols poden suportar les torres dels Monitors, destinats a la defensa de ports i costes.

(1) «Ja a les darreries del segle passat, un il·lustre general espanyol, Comissari general d'artilleria, el senyor Rovira, havia inventat canons d'un sistema enterament igual als que després va presentar el coronel francès Paixhans. Però el poc pes de les peces i alguns petits inconvenients, afectes a les vores de la recambra; i més que res fortes rivalitats i el nostre natural abandó, foren causa que els canons rovirians quedessin rebutjats per a l'armament dels vaixells, donant lloc que un estranger vingué 25 o 30 anys després a demostrar la conveniència i utilitat del sistema.» — MOUTON LONO, cap actual (1869) de l'esquadra del Pacífic; article inserit en la *Crónica Naval de España*, t. V, pàgs. 670 i següents. — Madrid, 1857.

Sembla que el canó Paixhans de 8 polzades, assajat a Brest, en 1824, va estar a punt d'ésser abandonat pels molts defectes de construcció. No obstant, es va reconèixer l'aventatge dels tirs horitzontals de bomba i obús dirigits contra els vaixells. En honor de la veritat, hem de dir que els americans varen fabricar un gran nombre de projectils buits ovalats des de 1815, destinats a ésser llençats pels canons ordinaris, els quals s'assemblen força al sistema Paixhans.

En el siti de Cádiz, els mateixos francesos llençaven ja obusos sense encaix, amb canons d'una ànima que tenia 8'25 diàmetres de llargada. (VALLEJO, *Mecánica pràctica*. — Madrid, 1815, pàg. 120.)

I aquestes immenses despeses en proves, i els mils milions esmerçats en canviar l'armament i defensa de les antigues esquadres i en crear les noves, tot ha estat, per ço que esguarda l'objecte primari, completament inútil. Si abans els projectils buits *rovirians*, nordamericans o Paixhans esclataven en travessar els vaixells de fusta, ara els projectils buits Armstrong i altres esclaten en travessar els cuirassats, sembrant la mort entre els ponts, per convertir-se el mateix blindatge en metralla.

«No n'hi ha prou, deia ja en 1857 el senyor Rivera (1), de tenir peces d'artilleria de molta i coneguda resistència; cal tenir-les del major efecte possible, que satisfaci, en quant sia possible, totes les necessitats de la marina, en ses diferents classes de vaixells; i és precís, en fi, per aconseguir-ho, no perdre la marxa dels invents i aplicacions que constantment s'assagen a l'estranger; els quals podrà esdevenir que dintre de poc facin variar l'armament de les places flotants, muntant-hi peces d'artilleria completament noves en llur forma, en llurs calibres i en l'abast i efectes de llurs projectils.»

Aquestes previsions s'han realitzat; i avui, com abans dels vaixells cuirassats, a igualtat de fortalesa de nau a nau, de perícia en els caps i subalterns, de valor, destresa i disciplina en les tripulacions, i d'acció perforant i contundent dels projectils, vencerà en un combat naval aquella nació que tingui una esquadra més nombrosa en vaixells i canons.

«Encara, com observa el citat capità Scott (2), en les batalles decisives es lluitarà cos a cos, en la confusió i en la fumera dels canons i entre morts i ferits. Encara tindria raó Nelson d'issar a dalt de tot del pal: *Aborda l'enemic, bat-lo de més a prop encara.*»

En efecte: segons l'opinió dels homes de l'art, la major distància admissible en els combats cuirassats és encara com entre les antigues esquadres de fusta, d'uns 600 metres, i entre aquests tampoc és decisiva la batalla, sinó a 200 metres.

És veritat, doncs, que les condicions navals no han canviat entre

(1) *Breve reseña de las pruebas verificadas en la fábrica de Trubia, desde el año de 1850 hasta mayo de 1857*, per JOSÉ RIVERA.

(2) Lectura del capità de fragata Robert Scott, de la marina reial anglesa, en el *Royal united service Institution*, maig de 1861.

nacions poderoses; però són distintes les de la defensa dels ports. Ja no enclou cap veritat l'antic adagi que diu que un canó en ferm val tant com un navili en la mar, car la defensa dels ports és insuficient, si està encomanada, com la de Barcelona, a canons incapassos de perforar els vaixells blindats.

D'altra banda, les noves condicions d'aquests combats són molt desfavorables per als Estats d'escassos recursos, que no poden seguir, ni en la mateixa escala proporcional antiga, les grans nacions, per mancar de les grandioses indústries de l'elaboració de ferro i de les lucratives rendes de què gaudeixen els eraris dels pobles exuberants de població. Vegeu la superioritat d'Anglaterra, considerant que al finalitzar la guerra de Crimea produïa una bateria blindada diària, i la dels Estats Units, aixecant en 90 dies, sobre les línies dels plans del primer Monjtor, muralles de ferro que varen resistir els projectils del cuirassat *Merrimac*, que a la fi va ésser vençut i abandonat pels seus mateixos tripulants, a conseqüència de les greus avaries causades en son casc pels projectils de 70 quilograms, que a parells i cada tres minuts li llençava el Monjtor.

En les guerres marítimes, doncs, assoliran la victòria els Estats de primer ordre sobre els altres, tant en els combats navals com en el bombardeig de les places. Avui dia les esquadres cuirassades, des d'una distància on no reberan cap avaria greu, poden arrasar en poc temps i a favor dels focs directes i corbs dels moderns canons, ciutats i arsenals dels quals estiguin separats per 4 i àdhuc per 5 mil metres. Contribuiran a abrenjar l'escena de destrucció els obusos de 200 quilograms, plens de ferro fos, de fòsfor dissolt en sulfur de carboni o de qualsevolga altra matèria incendiària; i sobretot tindran en aquesta tasca salvatge una acció prompta i decisiva els coets moderns de major abast i més perfeccionats en tots sentits que els de Congreve, que portaran la mort i l'incendi a 8 quilòmetres de distància.

Nosaltres no disposem de recursos industrials per a imitar aquestes nacions que tant ens aventatgen i a la força de les quals no resistim, malgrat haver-les pogut combatre i àdhuc dominar-les en els temps en què els vents del cel i la fusta dels nostres boscos ocupaven el lloc que han conquerit la hulla i el ferro.

Ja que no disposem d'elements propis per a la defensa, ja que hem

de treure les nostres armes dels arsenals estrangers, cerquem en les arts de l'enginy una nova base de fortalesa a fi de plantar cara als nostres enemics.

Per altra part, la pau del món no està assegurada, tenim colònies envejades i llunyanes, un litoral de més de 300 llegües, i si bé la nostra prudència pot alliberar-nos d'un conflicte, serà molt difícil, en certs casos, de sostenir la neutralitat. Els nostres ports i centres de riquesa no estan a cobert d'un cop de mà en les circumstàncies ordinàries i per qüestions frívoles provocat, i els nostres temors augmenten quan ens representem la possible i formidable topada entre els colossos del segle. En semblant cas no es respecta la neutralitat del feble i es conculquen els preceptes del dret de gents; car per al poderós no hi ha més regles de moral i de justícia que la mateixa força i sols per ella pot ésser contingut. Per deixar d'estar ansiosos, s'exalça massa en aquests temps el valor salvatge dels Nelson i malauradament ho fem en dany dels furs de la humanitat i dels beneficis de la civilització, que anul·lem en els camps de batalla i en les ciutats arrasades, o enfonsem amb les naus en les profunditats de la mar.

La necessitat, doncs, ens obliga a pensar en la defensa; i abans que un esdeveniment desgraciat vingui a reprendre'ns per la nostra incúria, o hem de reforçar l'esquadra de vaixells cuirassats o de fiar la nostra salvació a les armes submarines.

Cal acabar amb la força sempre renaixent de l'*Aiac*, oposant una defensa més estudiada, més científica i, per consegüent, més segura en sos efectes.

Quan els homes fiaven al nombre la victòria i es batien sense tàctica i amb armes informes; quan en les de foc es desdenyaven les relacions entre el vent i el projectil i es llençaven bales de granit i de pedreny; quan per matar un combatent en les batalles era necessari que els fusells llencessin sis arroves de plom, els procediments científics eren massa delicats per a confiar-los a la rudesa dels combatents. Però ara, que els soldats saben manejar la carrabina Minié, el fusell d'agulla i el canó ratllat de ressalt o a canvi d'estria; ara, que les ciències exactes i d'experimentació presideixen la confecció de tots els articles referents als mitjans d'atac i defensa; ara, que es fabriquen canons monstres que llencen projectils d'un pes enorme, que són tan precisos en llur punteria que raras vegades erren

el fíto (1), en la construcció dels quals es guarden les més delicades atencions, com si fossin instruments astronòmics, cal utilitzar en la defensa tot el que la ciència hagi trobat de més profitós i de més precís, encara que pugui semblar car i complicat i deguin ésser persones facultatives les encarregades de dirigir-lo i aplicar-lo. Hora és ja que sucumbeixi aquest fer valor que encara anima pobles i sobirans, que, en llur ambició i audàcia, contrarien els destins de la humanitat.

Les armes defensives haurien estat sempre inferiors a les d'atac, si s'haguessin tret del mateix arsenal; però la lògica de la defensa ha oposat a les forces musculars, l'arma blanca; a l'armadura de ferro, l'arma de foc; a les irrupcions dels barbres i salvatges, l'estratègia; a les invasions dels exèrcits permanents de les grans nacions, l'emboscada, la sorpresa, la guerra de guerrilla, que acaba amb les tropes disciplinades; als vaixells cuirassats, les armes submarines. I així, en

(1) Abans de parlar dels errors de punteria del formidable canó Bigwil, tipus dels grans canons Armstrong, vaig a donar les seves dimensions i usos:

El seu calibre és de 330m78; la seva longitud total, de 4m66, i el seu pes de 22 tones mètriques; és qualificat de 600 lliures; ànima ratllada, el projectil hi entra seguint una estria i surt fregant en altra més estreta.

Tira l'obús ordinari de 0m77 de llarg que conté 21 k 319 de pólvora:

obús de segments, pesant cadascun 0 k 227, que són dispersats quan esclata per una càrrega de 6 k 804; va amb espoleta ordinària o amb la de percussió;

projectil ple de ferro colat;

obús d'acer amb càrrega de 10 k 886; aquest és el que travessa les cuirasses;

obús d'acer ple de ferro colat en fusió, que pot ésser emprat contra les cuirasses.

Si tira a 23° sobre l'horitzó, assoleix del primer bot 6,766 metres i n'esmerça 26'2 en el trajecte.

A 3° d'inclinació, les velocitats, a determinades distàncies de la boca del canó, han estat les següents:

Distàncies en metres: 36 485 914 1,372

Velocitats en metres: 378 357 347 391

Acostumats els artillers a aquesta peça, tiran a raó de 3 minuts 3/4, netejant a cada tret el canó, col·locant novament l'encep en son lloc i donant la punteria en altura.

Promedi d'errors a 5°: en distància, 23m 8; en desviació lateral, 0m 7.

Promedi d'errors a 10°: en distància, 49m 4; en desviació lateral, 2m 6.

Amb un projectil d'acer de pes 273 k 5 ha travessat, a la distància de 3658 metres, una làmina de 16cm51 de ferro aplicat a un mur de fusta de 45 centímetres.

A la distància de 183 metres, amb un projectil esfèric de 156 quilograms, va travessar una làmina de 28 centímetres.

fi, de derrota en derrota, l'atac desapareixerà i podran desenrotllar-se lliurement les arts de la pau.

*Defensa.* — En el capítol dedicat a la importància de la navegació submarina, vaig indicar l'ofici de les cambres subaquàtiques aplicades a la *defensa* dels ports, i encara que més tard es pugui estendre l'*atac*, avui em limito a descriure els mitjans de què disposem per a impedir que els vaixells cuirassats destrueixin les ciutats marítimes.

He donat ja en aquest *Assaig* una idea completa del segon Ictineo en totes les seves parts; se'n podrà construir un de guerra, suposant-lo d'una capacitat quatre o cinc vegades més gran i afegint-li els òrguens que es refereixen a les armes subaquàtiques.

Aquestes són de tres classes, i un ictini de guerra ha d'estar armat d'una d'elles:

1.ª Consisteix a portar a coberta i a proa un arbre mòbil que pugui sortir de 10 a 12 metres fora de l'ictini, en la mateixa direcció del seu eix, portant en son extrem exterior una esfera de pólvora de 1'3 metres de diàmetre, la qual esclatarà per topament contra un vaixell enemic. De l'explosió del torpill, la nau submarina, malgrat esclatar prop de la seva proa, no en pot rebre cap dany; perquè, disminuint els efectes de les explosions segons el cub de les distàncies, l'ictini sols sofrirà l'embranchida d'un fort corrent que tendirà a allunyar-lo del vaixell atacat.

Si l'esfera o torpill, per la part oposada al xoc, està convenientment disposat, contenint un casquet massís de ferro on s'insereix l'extrem de l'arbre, i aquest pot obeir lliurement al moviment de retrocés, és possible i àdhuc probable que l'explosió no faria malbé l'arbre, que podria servir indefinidament i repetir tot seguit i sense moure's de la zona submarina, altres envestides contra els altres vaixells d'una esquadra agressora.

2.ª La constitueix una grua disposada sobre coberta que pot aixecar un canó o torpill a 3 o 4 metres d'altura i disparar-los a flor d'aigua contra un vaixell enemic. Aquesta operació es pot repetir totes les vegades que sigui necessari.

3.ª Consisteix en un pla inclinat sobre coberta, on és possible fer passar coets submarins i disparar-los l'un darrera l'altra contra l'esquadra agressora.

Aquestes dues darreres suposen que l'ictini combat a menys de 300 metres de distància per no errar el fió.

Aquestes armes i l'ictini estan en un mateix pla vertical: indispensablement ha d'estar també en el mateix pla l'eix del tub *miranda* que surt a flor d'aigua i conté en son extrem quatre objectius de forma particular (1) que traslladen per reflexió en la cambra obscura de l'ictini les imatges atmosfèriques de quatre punts oposats de l'horitzó. L'eix de la cambra obscura ha de coincidir també amb el pla vertical de l'ictini. El tub dels objectius ha de poder donar un quart complet de volta. Així el cap podrà veure el que passa en la zona aèria, quedant la seva nau velada per les aigües. La descripció de les armes i de la *miranda* està en el llegendari i en les làmines que l'acompanyen. (2)

*Canons.* — Un dels mitjans de defensa submarins consisteix a aixecar un canó a flor d'aigua des de la coberta d'un ictini submergit a 4 metres de profunditat, i tirar amb ell contra un enemic que és a una distància inferior a 300 metres.

Per a l'atac, el mateix que per a la defensa, interessa de saber, donat un blindatge, quina ha d'ésser la velocitat i el pes de la bala que ha de travessar-lo. Haurien d'intervenir en el problema la càrrega en pólvora, el diàmetre, la densitat i la longitud de l'eix del mòbil i les circumstàncies de l'ànima del canó; però he de confessar que ni en els autors que he pogut consultar, ni en els experiments anglesos i francesos, ni en les dades que ens ofereixen els combats entre el *Monitor* i el *Merrimac*, els del fort Sumter, a l'Amèrica del Nord, i el de Lissa a Itàlia, he sabut trobar una llei que satisfaci les condicions del problema.

Poisson, l'il·lustre geòmetra, que defineix la percussió com una sèrie de pressions que es succeeixen les unes a les altres durant un temps molt curt, però d'una duració finita (3), no ens ha donat cap

(1) El prisma que serveix d'ullera i de reflector albora, disposat per Ch. Chevalier.

(2) Aquesta descripció i llegendari a què es refereix l'autor, forma part d'una altra *Memòria* seva sobre un *ictino* militar, que no s'ha publicat encara.

(3) *Formules relatives aux effets du tir sur les différentes parties de l'aquif*, per S. D. Poisson, membre de l'Institut, segona edició impresa per ordre del ministre de la Guerra. Pàg. 66. — París, 1838.

llum sobre això, malgrat haver dissertat extensament sobre els efectes de les reaccions dels trets en els escalaborns.

Sabem que quant més tensa és la trajectòria d'un projectil, major és la seva velocitat, i que el diàmetre i, per consegüent, el pes del projectil, influeixen en la *tensió* d'aquesta corba, de fàcil que podríem establir:

1.<sup>or</sup> Que una trajectòria més *tensa* suposa que la velocitat del projectil intervindrà més en els efectes destructius, que el seu pes.

2.<sup>or</sup> Que, al contrari, una trajectòria menys *tensa* suposa que el pes del projectil intervindrà més en els efectes destructius que la seva velocitat.

I ens confirma en aquesta doctrina una nota de Martin de Brettes, presentada per Le Verrier a l'Acadèmia Francesa, sobre les relacions entre els diàmetres, pesos i velocitats inicials dels projectils (1), de la qual resulta que els projectils llargs, densos, pesats, tenen aventatge per a l'abast i, per tant, per a la penetració, sobre els projectils esfèrics.

En el setge de Cádiz, durant la guerra de la Independència, els francesos tiraven bombes mig plenes de plom, a fi d'assolir major abast.

Armstrong, la competència del qual en la matèria no és dubtosa, supleix la velocitat inicial pel major pes del projectil, i aconsegueix poderosos efectes destructius. Quan es feien les proves dels seus canons i dels d'altres inventors a Anglaterra, *The Times*, que en donava

(1) L'examen, diu, i la discussió de les taules de tir d'un gran nombre de projectils semblants per la seva extremitat anterior, però molt diferents pels diàmetres, els pesos i les velocitats, m'han permès de descobrir la influència particular de cadascun d'aquests elements, sobre les *cassetes* o les altures màximes de les trajectòries d'igual abast sobre les línies de mira horitzontal... La relació general en les fletxes F, F<sub>0</sub> de les trajectòries d'igual abast de dos projectils de diàmetres  $\propto R, \propto R_0$ , de pesos P, P<sub>0</sub> i de velocitats inicials V, V<sub>0</sub>, s'anuncia de la següent manera:

Les fletxes de les trajectòries d'igual abast de dos projectils anteriorment semblants, són proporcionals als diàmetres i en raó inversa dels productes de les arrels quadrades dels pesos per les velocitats inicials. Aquesta està analíticament representada per la fórmula molt senzilla

$$\frac{p}{p_0} = \frac{R \cdot V^2 \sqrt{P}}{R_0 \cdot V_0^2 \sqrt{P_0}}$$

compte, deia que els americans posseïen ja en aquella època (juliol de 1864) centenars de boques de foc que es carregaven amb pólvores febles i llençaven projectils de 600 lliures. Per aquell temps, el capità Rodman, dels Estats Units, va sotmetre al departament de la guerra el projecte d'un canó de 1,000 lliures, i deia estar convençut que els efectes destructors dels projectils creixen en una proporció molt més gran que la dels diàmetres; però sense dir quina. Per altra banda, Armstrong es limita a recordar l'equació per la qual es calcula la força viva de les bales, força que no relaciona amb la resistència dels materials.

Fairbairn, enginyer anglès sota la direcció del qual es construïen els fitons blindats que representaven els murs dels vaixells, i alguns constructors de làmines per al cuirassat, sospiten que la resistència d'aquest creix amb el quadrat del gruix. «Si la teoria de la Comissió de làmines és exacta, i la resistència d'aquestes és proporcional al quadrat del gruix, la de 27<sup>cm</sup>94 representarà una resistència sèxtuple a la del Warrior (11<sup>cm</sup>) (1).» Una làmina d'aquell gruix és travessada per un projectil esfèric tirat pel canó de 600 Armstrong; fet que és la millor demostració que la teoria de la Comissió porta a l'absurditat. Tal és la confusió que regna en aquesta matèria.

En Ballística s'admet com a molt ajustat a la raó dels fets, que la profunditat de la penetració en un fitó per un projectil està:

En raó directa del seu radi,

En raó directa de la seva densitat,

En raó directa del quadrat de la seva velocitat,

i en la inversa de la tenacitat del cos xocat.

En les fórmules sobre el pas del projectil d'un medi a l'altre, Bertout discuteix també les que es refereixen al xoc d'un cos d'una massa infinita, i anomenant

$r$ , el radi;

$Y$ , l'enfonsament total del projectil;

$D$ , la densitat del mateix projectil;

$V$ , la seva velocitat;

(1) *Études sur l'Artillerie rayée de Marine*, per ALONCLE, ex-alumne de l'École polytechnique, capità de l'Artilleria de Marina; pàgines 202 i 225. — París (sense data).

$v$ , la resistència del material xocat per unitat de superfície; estableix que

$$Y = \frac{D v v^2}{y} \quad (1)$$

la qual no dóna compte dels fets, ni en pot donar, perquè falta un element (o altre radi del projectil o el pes del mateix), sense la introducció del qual no està representada la força viva. Mentre no es practiqui un bon sistema d'experiments on juguïn com a principals, i successivament, cadascuna de les esmentades circumstàncies, no serà possible establir una equació que satisfaci les necessitats de la balística: ço és, donada la resistència d'un fió, quines deuen ésser les circumstàncies del canó i del projectil que pugui travessar-lo?

Com que del sistema Armstrong i de dites bases es dedueix que ateny una gran importància l'augment en la massa del projectil; i com que, per altra part, els efectes contundents són potser més eficaços que els perforants per a tirar a fons l'enemic: podrà assajar-se, per a ús dels iclinis, canons curts, de gran diàmetre, carregats amb pólvora forta i en poca quantitat, continguda, com en els morters, en una cambra de menor diàmetre.

D'altra banda, i atès que l'et ni no disposa de mitjans precisos, sinó grollers, per a la punteria; que els seus projectils han de travessar un medi tan dens com l'aigua de la mar, la resistència de la qual es venç més fàcilment estant amagatzemada la força viva pel major pes del projectil que per una velocitat major, és més convenient d'obtenir efectes destructors per contusió que per penetració.

Faltant-me competència per a dissertar sobre aquests dos punts, em limitaré a citar els pocs fets de què tinc notícia i que parlen en favor dels projectils contundents.

En el combat de Lissa, la fragata cuirassada *Rei d'Itàlia* se'n va anar a fons pel deslligament de les làmines i desconjuntura dels seus costats de fusta.

El *Merrimac* va ésser abandonat pel mateix motiu.

En el combat contra el fort Sumter (Amèrica del Nord) el *Keokuk*,

(1) *Cours de Balistique à l'Ecole d'application de l'Artillerie et du Génie*, per BERTOUT, oficial d'artilleria. — Obra autografiada que es troba a la Maestrança de Barcelona.

cuirassat, es va enfonsar quinze hores després del combat pels mateixos cops contundents; si els projectils que varen travessar les seves torres, posant-les com garbells, i els 62 projectils que va rebre en la cuirassa, varen travessar el seu casc, s'hauria enfonsat durant el combat, però només un va perforar la seva proa i l'avaria va poder ésser reparada.

En el combat de Trafalgar, on els majors navilis del món es varen barrejar i confondre durant tres hores; on les andanades eren tan de prop que tot projectil feria el seu contrari, cap vaixell se'n va anar a fons durant el combat, malgrat estar com garbells. Si en aquella ocasió la marina aliada hagués disposat de canons i obusos *rovirians*, segurament que l'esquadra anglesa hauria sucumbit a llurs cops contundents.

Clarvick, en la vida de Nelson, diu que el *Guillem Tell*, de la marina francesa, atacat pel *Leon*, el *Penlope* i sobretot pel *Foudroyant* de 74, va rebre només d'aquest darrer 2,758 bales, sense que se n'anés a fons, i no va quedar tan mal parat que no pogués ésser recompost i continuar al servei d'Anglaterra, que l'havia apressat, sota el nom de *Malta*.

*Torpills.* — Per dirigir un torpill contra un vaixell enemic, el mitjà més expedit és la força motriu que impulsa els coets (1), fent-los descriure aqueixes admirables trajectòries d'un abast igual, si no superior, al dels projectils dels moderns canons. Abans de passar a la descripció d'un torpill-coet, transcriuré alguns paràgrafs del citat Montgéry, que il·lustraran aquesta matèria, per contenir alguns fets i opinions que no han de passar desapercibuts als que intentin fer estudis pràctics sobre aquest assumpte.

«En 1730, deia el doctor Desaguliers que el petard dels petits coets enfonsa una xalupa, esclatant dessota la seva carena.» (2)

En l'estany de la Villette, el 1811, es va provar de llençar un

(1) Els coets es coneixen des de la més remota antiguitat a la Xina i a la Índia. Entre les obres antigues que descriuen el coet, hi ha el llibre titulat *Plática manual de Artillería*, compost per LLUIS COLLADO, enginyer de Carles V, imprès a Milà el 1592. Quan escrivia aquest tractat, en 1586, els coets servien per il·luminar els encontorns de les places sitiades i contra la cavalleria en combats campals. Collado es proposava armar-los de petards i llençar-los, com es fa ara, mitjançant un llarg tub, a fi d'augmentar llur abast.

(2) Vegeu l'obra citada, pàgs. 228, 293 i 330.

petard flotant per mitjà d'un coet, i malgrat ésser massa dèbil, va fer recórrer al petard un trajecte de 70 toeses (136 metres).

«Els coets entre dues aigües són susceptibles de recórrer un trajecte molt més considerable que un obús o bala del mateix calibre, i com a arma submarina serien temibles. Els *american-torpedoes* de M. Blair, són probablement coets submarins de grans dimensions; el Comitè encarregat d'examinar-los va dir que un sol navili carregat d'ells podria destruir en alta mar les majors esquadres navals.»

«Seria possible fabricar coets submarins d'un volum enorme, la qual cosa avui dia (1825) fóra inútil, car un de 60 lliures o al més de 300, tindria prou potència per a tirar un navili a fons, encara que fos llençat des d'una distància major de 100 toeses (195 metres). De les armes emprades i proposades per als combats navals, creiem que els coets submarins són les més temibles: d'ells es faran torpills o màquines infernals d'un efecte infalible, si s'ac negueix construir-los bé i dirigir-los a llur destí.»

Descriu demés Montgéry un mitjà d'instal·lació i dispar de coets submarins aplicat a vaixells flotants. (1)

El general Konstantinoff, de l'exèrcit rus, ha realitzat experiments per tal de saber quina força útil desenrotllen els gasos que per reacció impulsen el coet. L'instrument és un pèndol que sosté el coet i és desviat de la vertical per la reacció dels gasos i per un temps més o menys llarg i d'un angle més o menys obert que depenen de la força del coet, els efectes del qual, per un mecanisme automotor, s'inscriuen en un cilindre que gira sobre son eix. L'expressió gràfica del temps i de l'angle és una línia el·lipsoidal sobre el cilindre mòbil. (2)

Montgéry va proposar un procediment que té el mateix principi. (3)

La composició russa de la matèria motriu dels coets és la següent:

Nitrat de potassa.....	75
Sofre .....	10
Carbó .....	25

(1) Vegeu l'obra citada, pàgs. 228, 293 i 330.

(2) *Lectures sur les fusées de guerre faites en 1860 par le Général Major Konstantinoff, directeur de la fabrication et de l'emploi des fusées de guerre en Russie.* — Paris, 1861.

(3) En l'obra citada, pàg. 86, diu: «Un dels mitjans més usats per amidar la velocitat de les bales és el pèndol; però no dóna la velocitat sinó per un punt

El coets així compostos tenen aquestes dimensions:

Calibre .....	10	centimetres
Diàmetre de l'ànima .....	4'2	»
Longitud de l'ànima .....	84	»

i desenrotllen una força equivalent a 250 quilogràmetres en un espai de temps de 2'7 segons.

El citat autor s'oblida de precisar el pes de la matèria motriu i la seva densitat, i encara que això sigui important, com que podem fundar el càlcul sobre la superfície d'ignició, el volum de la matèria motriu i el pes del projectil que porta el coet en son cap, podem deduir les dimensions i altres circumstàncies del nostre coet torpill de grans dimensions.

El volum de la matèria motriu del coet és de 6,862 centimetres cúbics i transporta a quatre quilòmetres de distància un projectil de 10 lliures russes ( $4^{k093}$ ). Si admetem  $o^k$  representant el pes de la vareta directora, tindrem que el treball total de transport és de  $4^{k600}$ .

Si nosaltres tractàvem d'enviar 1,000 quilograms a igual distància, amp aríem un coet amb un volum de matèria motriu d'uns 1'5 metres cúbics; però, com que no es necessita tanta velocitat, es podria reduir la càrrega.

Segons resulta dels experiments en els coets francesos, si es multiplica el pes del projectil per 7, es redueix l'espai recorregut pel coet a 1'5, i és clar que si per comptes d'augmentar la càrrega disminuïm la quantitat de matèria motriu a 1/5, donarà iguals resultats: per consegüent, per al nostre torpill-coet, en lloc de  $1^{m35}$ , posarem solament  $o^{m30}$  de matèria motriu que recorrerà un espai inferior a 800

qualsevol de la trajectòria, mentre que, fixant un coet en un pèndol, es podria conèixer, en tots els períodes, l'acció dels gasos o la intensitat de la força que anima el coet. El pèndol balístic va ésser imaginat i construït per Robins, a Anglaterra, a començaments del segle passat i perfeccionat per Hutton en els arsenals de Woolwich, en el darrer quart del mateix segle. — Aquest pèndol per a les velocitats inicials ha estat substituït amb avantatge pels dos discos graduats del mecànic Mathew, perfeccionats pel coronel Grobert. — Per últim, l'aparell elèctric del belga Navez és l'instrument més perfeccionat que es posseeix per a amidar la velocitat dels projectils.

metres, mentre aquesta matèria cremi en  $\frac{217}{5}$  segons i tingui una superfície d'ignició equivalent a la càrrega que ha de portar.

Els coets de Konstantinoff que ens serveixen de tipus tenien una superfície d'ignició de 0'1107 metres, i un coet capaç de portar 1,000 quilograms, hauria de tenir 217 vegades aquella superfície, la qual cosa s'obtidria mitjançant un feix de coets d'un metre d'ànima, un calibre de 6 centímetres i 4 centímetres de diàmetre en dita ànima.

Així, col·locant 200 coets d'aquest calibre dins d'un cilindre que formaria part integrant de l'esfera-torpill, tindriem un excel·lent motor per a portar-lo contra un vaixell cuirassat, que es trobés a una distància menor de 300 metres. La trajectòria estaria composta de corbes descrites pels rebots que en la seva marxa faria el coet, car, per una part, seria menys dens que l'aigua, i per altra, perquè, animat d'un moviment ràpid, hauria de seguir el camí que la menor resistència de l'aire, en combinació amb la força de gravetat, l'obligaria a seguir, el qual seria semblant a la trajectòria que descriuen les pedres planes que fem «ringlar» per la superfície de l'aigua.

Si relacionant la superfície d'ignició, volum de la matèria motriu i pes que s'hauria de transportar, ens hem persuadit de la possibilitat de llençar un torpill contra l'agressor, ara anem a veure directament si, mitjançant la força de reacció i suposant que el torpill no es separa del medi líquid, adquireix una velocitat mitjana suficient per a produir pel xoc l'explosió.

Sia un torpill de pes total 1,000 quilograms, que contingui un volum de pólvora igual a un metre cúbic.

Sia un tub d'un metre de diàmetre, per 1<sup>m</sup>30 de longitud, invariablement unit al torpill; tub que contindrà 300 decímetres cúbics de matèria motriu, distribuïda en 200 cilindres o coets de 6 centímetres de diàmetre.

Sia la força de la matèria motriu en quilogràmetres

$$\frac{0^m3300,000}{0^m3006,862} \times 250 = 10,850 \text{ quilogràmetres}$$

que es desenrotllaran, si la superfície d'ignició és proporcional a la

quantitat de matèria motriu dels experiments de Konstantinoff, en un temps igual a segons

$$\frac{2'7}{5} = 0'54 \text{ segons;}$$

però com que el coet ha d'obrar dins de l'aigua, serà convenient que la força no es desenrotlli en tan breu espai de temps i que, per tant, es redueixi la superfície d'ignició.

Sia, doncs, el temps que obri la força, tres segons, i dividint per ells la força 10,850 quilogràmetres, i després per 75, per a evaluar-la en cavalls de força, tindrem el quocient 48 cavalls de Watt.

Ara bé; si acceptem la fórmula universalment usada per a saber la velocitat que imprimirà aquesta força a un mòbil que ha de travessar l'aigua, i diem que la resistència que trobarà serà  $R = KSV^2$ , o millor  $KSV^3$ , de les quals

$V$ , velocitat en metres;

$S$ , secció mestra del mòbil en metres quadrats;

$K$ , coeficient variable, segons les formes del mòbil i el seu desplaçament; i en aquest cas 10 quilograms; (1)

$R$ , la suma total de resistència;

de la qual fórmula, sabut  $F$  o la força en cavalls, es dedueix la velocitat en milles per hora

$$V = K \sqrt[3]{\frac{F}{S}}$$

Substituint a aquesta fórmula els valors a les lletres, tindrem

$$\text{metres } 34'2 = 10 \times \sqrt[3]{\frac{48}{1^{\text{m}2}}}$$

(1) Segons Bourgois, les valors del coeficient de resistència total creixen amb la velocitat i disminueixen amb la grandària de les dimensions absolutes. Vegeu els exemples que cita en la pàgina 245 de la seva Memòria. — *Mémoire sur la résistance de l'eau au mouvement des corps et particulièrement des bâtiments de mer*, per M. Bourgois, capità de fragata. — Paris (sense data), Arthur Bertrand, editor.

Velocitat suficient perquè el coet surti fora del líquid i vagi eringlants per la seva superfície durant un llarg espai, si no es troba en la seva trajectòria el vaixell contra el qual es dirigeixi.

Aquests càlculs sols poden servir de base als assaigs que s'emprenquin per a estudiar aquesta matèria. Tractant-se d'un mòbil on tanta d'influència exerceixen la forma, els elements que hagin entrat en la confecció de la matèria motriu i l'estat particular d'humitat i altres circumstàncies, només l'experiència pot determinar quines siguin les condicions més favorables perquè un coet-torpill pugui complir son objecte.

Els efectes destructors dels torpills han de considerar-se com a producte d'una pressió, l'acció de la qual té per centre el del torpill on descansa. Si aquesta acció es desenrotllés en un medi eteri i el torpill fos perfectament homogeni, s'expandiria en tots sentits i constituïria una esfera; però, obrant en la superfície de la mar, a causa de la resistència de l'aigua, es desenrotllarà en forma de con, i la secció perpendicular a l'eix coincidirà amb el mateix pla horitzontal marítim. No obstant, per als efectes destructius, no ens separarem molt de la veritat si considerem que la força integral del torpill es desenvoluparà en esfera, i com que el seu centre estarà immediat a l'obstacle que hagi provocat l'explosió, admitem que una gran part de la força del torpill obrarà damunt l'obra viva del vaixell contra el qual s'hagi dirigit.

Per saber, donat un torpill, quin serà son efecte destructiu, hem de partir de la pólvora.

Els tractats de Balística citen diversos autors que han estudiat la força expansiva d'aquest agent: prenent per unitat la pressió atmosfèrica, l'inventor del pèndol balístic ja citat:

Robins, en els seus <i>Nous principis d'Artilleria</i> assenyala .....	1,000 atmosferes
Lombart, en les seves <i>Notes a l'obra de Robins</i> ..	9,215    »
Botté i Riffaut, en el <i>Tractat de la fabricació de la pólvora</i> .....	10,000    »
Euler, en les seves <i>Notes sobre els nous principis d'Artilleria</i> .....	5,000    »
Daniel Bernoulli, en la seva <i>Hidrodinàmica</i> ....	10,000    »

Antoni, en el seu <i>Examen de la pólvora</i> .....	18,000 atmosferes	
Rumfort, en la seva <i>Biblioteca Britànica</i> .....	50,000	▶
Vallejo (1), en la seva <i>Mecánica práctica</i> (Madrid, 1815).....	4,000	▶

En aquesta disparitat de resultats de l'experimentació i del càlcul, varen intervenir Bunsen i Schischkof amb llur *Tractat de la combustió de la pólvora*, que va venir a donar la raó a Euler i a Vallejo, car la fixen en 4,500 atmosferes; aquests estudis estan fundats en la combustió isolada de gra per gra de pólvora, i aquest procediment ha inspirat general confiança als físics i químics dels nostres dies.

Partint de 4,500 atmosferes, anem a veure quina quantitat de força s'aprofita en les circumstàncies ordinàries de la utilització de la pólvora en els canons.

La força de gravetat ens servirà de tipus de comparació.

Un cos que lliurement l'obeeixi adquireix una velocitat igual a

$\sqrt{2g a}$ , sense que tingui cap influència la seva densitat.

Essent la pressió d'una atmosfera igual al pes d'una columna d'aigua de 10 metres d'altura, i la de la pólvora igual a 4,500 atmosferes, la major velocitat que pot assolir una bala de canó té per expressió  $\sqrt{2g \times 45,000 \text{ m.}} = 940$  metres.

Ara bé; essent la major velocitat pràctica obtinguda fins avui en els canons ordinaris inferior a 550 metres i corresponent aquesta velocitat a

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{550^2}{19'6} = 15'433.$$

es veu que aquesta altura sols ve a ésser com 1/3 de l'absoluta de 45,000 metres que suposa la pressió de la pólvora.

Per altra part, tenint en compte que el torpill és un instrument

(1) Comparant, diu Vallejo, el volum de la pólvora amb el dels gasos que se'n formen en el moment de l'explosió, resulta almenys la relació de 1 a 4,000; és a dir, que una polzada cúbica de pólvora en el moment de l'explosió ocupa un espai almenys de 4,000 polzades cúbiques.

més groller que el canó (1), per utilitzar la tensió dels gasos de la pólvora, estimarem la seva força útil en 1/4 solament de l'absoluta, això és, en 1,125 atmosferes.

Per estimar l'efecte d'aquesta força haurà de multiplicar-se la superfície que abraça per la pressió. Per saber la resistència, suposarem el cas menys favorable: que la pressió obrís un forat de les mateixes dimensions i figura que afectaria tenir en un moment donat la pressió sobre la superfície atacada, que en aquest cas és la d'un cercle. Suposarem, doncs, que els gasos obren com un punxó circular, i el perímetre d'aquesta figura, multiplicat per la resistència del material a la càrrega de ruptura, serà la resistència major que podrà oferir l'obra viva d'un vaixell. I en fer aquesta suposició partim dels efectes mateixos de les forces instantànies produïts sobre els cossos, p. ex., sobre el pàmpol de peu que es col·loca davant els canons per indagar l'angle que la trajectòria del projectil fa amb l'eix de la peça, pàmpol que no és tirat a terra per la bala que la travessa; i això diuen els físics que no té altra explicació sinó que la força d'inèrcia necessita un temps determinat per a ésser vençuda, temps que no ofereixen les explosions de la pólvora. Per això jo equiparo els seus efectes als d'un punxó mecànic; el qual ha de vèncer la resistència que en raó del perímetre de la seva pròpia figura li ofereix el material que ha de penetrar.

Si anomenem

*P* la pressió de la pólvora en atmosferes;

*S* la superfície que ha de suportar la pressió, en centímetres;

$1^{\text{a}}033$  la que exerceix una atmosfera sobre 1 centímetre quadrat;

*C*, el perímetre de la superfície oprimida, en centímetres;

(1) No obstant, sembla que la pólvora, *deflagrant* en forma esfèrica, deuria esmerçar un temps menor en cremar, comparat amb l'esmerçat en forma cilíndrica, segons es desprèn dels experiments de d'Arcy. Aquest físic va posar en dues canals de fusta dos reguerons de pólvora: un, amb una secció de 32 línies, tenia 576 peus de llargada, que el foc va recórrer en 75 segons; altre, amb una secció de 16 línies, sols tenia 384 peus de llargada i va esmerçar-hi 70 segons. Per tant, la primera va recórrer la línia de 576 peus (187 metres) a raó de 2'494 metres per segon, i la segona a raó de 1'781 metres. Això sembla provar que, en forma esfèrica, un volum donat de pólvora cremarà en menys de temps que en forma cilíndrica.

R, la càrrega en quilograms necessària per a rompre una barra d'un centímetre de secció del material resistent, tindriem que

$$\frac{PS \ 1'033}{CR}$$

serà l'expressió del gruix del material que destruirà el torpill.

D'aquesta fórmula es dedueix que a mesura que augmenti el gruix del blindatge és necessari que el torpill augmenti de diàmetre; i com que els cercles creixen segons els quadrats dels radis i les circumferències solament amb els diàmetres, es dedueix també que el torpill, per poc que augmenti el seu diàmetre, serà sempre superior a la resistència que pugui anar oferint el major gruix de la cuirassa.

Demés, si fos un greu inconvenient el volum del torpill, es podria disminuir substituint una part del nitrat de potassa per un equivalent de clorat de la mateixa base, ja que la pólvora composta amb aquesta sal és d'una força de quatre a sis vegades superior a l'ordinària.

Si un ictini llença una esfera de pólvora comuna de 1'30 metres de diàmetre que esclati en topar contra un cuirassat agressor, la força desenrotllada s'aplicarà contra les seves parets, descrivint un cercle de 1'30 metres de diàmetre, amb una superfície de 11,309 centímetres quadrats. La línia de resistència, en aquest cas, és el perímetre del cercle, ço és, la circumferència, que té una valor de 377 centímetres; i essent el material ferro forjat, la resistència del qual en grans làmines no pot estimar-se en més de 2,500 quilograms per centímetre de secció, tindrem, substituint les valors a les lletres de l'anterior fórmula, que el blindatge que destruirà serà d'un

$$\text{gruix} = \frac{1125 \times 11309 \times 1'033}{377 \times 2,500} = 15^{\text{cm}}7.$$

Sobre la feblesa del blindatge respecte al torpill, he de fer dues observacions:

La primera es refereix a la manera d'obrar de la pólvora, l'acció de la qual sobre un cos, a més de perforant, és també contundent i ten-

deix a anul·lar la cohesió i, per tant, a desconjuntar-lo i dividir-lo en son conjunt i especialment en ses juntures; tant és així, que basta la deflagració d'algunes lliures de pólvora, contingudes en un sac que claven els soldats en les portes dels forts, per a enfonsar-les i estellar-les. I en la producció d'aquests efectes tan variats i difícils d'explicar, em sembla veure-hi reproduïda la força de les vibracions a què he al·ludit en tractar dels motors.

La segona observació es relaciona amb la manera com estan construïts els blindatges, el costat feble dels quals no és el revestiment exterior, sinó el mur de fusta del vaixell, al qual van ajustades les làmines de ferro i sostingudes per perns. Essent de 1'5 metres de llarg per 1 d'ample, i obrant els gasos, en el cas més favorable a la defensa, sobre una sola làmina, aquesta penetrarà en el mur de fusta que la sosté, per la línia de perns del seu contorn i arrossegará darrera d'ella les immediates. Aquestes construccions són febles per a resistir l'acció dels torpills, i convindria que el revestiment de ferro es fes per capes sobreposades, cobrint les exteriors les juntures de les interiors, a la faïso que s'ha practicat en les torres del *Miantonomoak*; però en aquest cas, com ho ha provat l'experiència, el revestiment seria fàcilment penetrat pels projectils dels canons.

*Combat.* — Descrits l'*Atac* i la *Defensa*, convindria parlar de les evolucions dels vaixells cuirassats i dels ictin's, dels quals poca cosa puc dir *a priori*, tant perquè les circumstàncies especials de la localitat, grandària dels vaixells i canons demanaran per a cada cas disposicions particulars, com perquè la meua incompetència en aquests assumptes m'impedeix entrar en consideracions que pràcticament mancarien de valor.

Suposaré només que es presenta en mar lliure, enfront del port, l'esquadra agressora, i que un, dos o més ictin's es proposen combatre-la i surten del port, que ha d'ésser atacat, el més secretament possible. I per simplificar l'acció, suposaré el combat entre un vaixell cuirassat i un ictin'.

Si la nau recela l'existència de perills submarins, de torpills sembrats a certa distància del port, moderarà la seva marxa, esperant que els guaites cantin les coses que descobreixin en la mar. En aquest cas, que és el més favorable per a l'atac submarí, l'ictin'

es dirigirà a tot vapor contra el cuirassat. Si el top d'aquest percep la porció surant del tub *miranda* i canta nau submarina, ¿què farà el comandant del cuirassat?

O se n'apartarà o l'atacarà.

En el primer cas, si ho fa anant cap a terra per descarregar les seves andanades contra la plaça, l'ictin el seguirà i l'atenyerà a una distància convenient per a disparar contra el cuirassat.

En el segon cas, el vaixell flotant descriurà una llarga corba per a assolir tota la velocitat possible i amb ella llençar-se sobre l'ictin, i no apartarà l'esguard del tub reflector o *miranda* que acusa la seva existència. La nau submarina anirà virant a fi de presentar la seva proa a l'enemic, contra el qual dispararà el seu coet-torpill quan el separin d'ell solament 50 o 100 metres. Després d'haver disparat, baixarà d'una quantitat igual al calat del vaixell flotant, virarà per a posar-se al mateix rumb de l'enemic, però evitant de col·locar-se en el mateix pla vertical; disposarà altre torpill, tornarà a aparèixer a la llum el reflector per tornar a disparar i seguirà la seva tasca amb un altre vaixell, cas que el primer hagués desaparegut.

Les bales tirades contra l'ictin no el poden ofendre, sinó ençant-lo en el cas bastant difícil de tocar el tub reflector; però de cap manera no atenyen la cambra submarina, defensada per la densitat del fluid i per una coberta de fusta de 30 a 50 centímetres de gruix. Suposant que el vaixell flotant descarregui les seves bateries elevades a 50 metres sobre el nivell de la mar, en una inclinació de 20 graus, contra un ictin que està submergit a 4 metres i a una distància de 20, el projectil tindrà de travessar una línia d'aigua de 11 metres que li oferirà una resistència proporcional a la seva densitat, superior 800 vegades a la de l'aire, la qual cosa diu el bastant per a poder assegurar que cap projectil no arribarà a perforar la coberta de roure de l'ictin.

Però com que podria al·legar-se un fet que sembla estar en contradicció amb l'assegurat, vaig a ocupar-me'n per a donar-li la seva vertadera valor. Howard Douglas diu que, amb un canó Whitwort, la bala hexagonal de 11 quilograms tirada a una inclinació de 7°, després d'haver travessat 10 metres d'aigua, va tenir prou força per a penetrar 30 centímetres en el roure. Però com que de dita inclinació

es dedueix que l'aigua travessada era superficial, que a causa de la facilitat en cedir, tant per la part anterior com pels costats del projectil, tota la resistència estava reduïda a una comunicació de moviment del projectil a una petita quantitat d'aigua, resulta que no pot inferir-se d'aquest experiment que, amb un angle de 20°, el mateix projectil hagués penetrat en la coberta de l'ictini.

Demés, el mateix almirall Douglas ens afirma que tirant amb una inclinació igual de 7° sota l'horitzó bales esfèriques de 14 quilograms, no varen aconseguir penetrar el «pantoque» del vaixell que servia de fitó, ni gairebé varen deixar senyals de ses petjades, la qual cosa prova que l'aigua acaba aviat amb la força viva dels projectils, si aquests no poden llençar-la per davant i pels costats.

Si el motor de l'ictini arribés a obtenir, ço que és possible, una velocitat de 11 milles per hora, aleshores podria donar caça als cuirassats, i un sol seria suficient per a la defensa d'una plaça atacada per la major esquadra moderna.

El del projecte (1) té dues calderes escalfades pel foc submarí que juntes generaran vapor per a una màquina de 3 a 400 cavalls, i com que han d'obrar sobre una secció mestra de 48 metres quadrats, imprimiran a l'ictini una velocitat de 8 a 9 milles per hora, que és molt superior a la necessària per als casos ordinaris de la defensa, però no suficient per a donar caça als moderns vaixells.

Això és tot ço que tenia d'exposar pel present amb referència als ictinis de guerra; exposició basada en les meves proves pràctiques de navegació submarina, amb bastant de latitud descrites en aquest *Assaig*; en els trets del primer canó que l'home ha disparat estant dessota d'ell i dessota de l'aigua; i en els assaigs repetits, centenars de vegades, del motor submarí.

(1) Es refereix a la *Memoria sobre un Ictinoo militar*, que encara no ha vist la llum.

## TERCERA PART

### DESCRIPCIÓ ORDENADA DE L'ICTÍNEO I DELS SEUS PRINCIPALS MECANISMES

#### I

He indicat en les dues parts anteriors els aparells més essencials que constitueixen l'Ictíneo. Comprenc, però, que això no basta per poder formar un concepte perfet del vaixell, donada la complexitat de les seves funcions, i per aquesta raó dedico un tercer capítol a la descripció minuciosa de totes les seves parts, amb ajuda de plans geomètrics copiats fidelment dels plans de construcció.

Aquests plans són en nombre de tres.

El primer (làmina 1) comprèn les dues seccions longitudinals, vertical i horitzontal del segon Ictíneo, que és el vertader plànol general de l'obra.

El segon conté les seccions transversals: la secció central o mestra, en la figura 3; la secció pels llastos d'e'chauriment de popa, en la figura 4; la secció per les aletes, en la figura 5. En les figures 6 i 7 està representada la disposició del canó d'assaig, essent la darrera figura una representació en diagrama del torpill-coet.

El tercer plànol es destina a detalls d'alguns òrguens importants que no es poden veure en les seccions generals.

En lloc d'una descripció succinta, dono una relació de la funció i maneig de cada mecanisme, afegint en alguns els motius que m'han portat a adoptar-los. Això m'obligarà a repetir quelcom del que havem dit en els dos capítols anteriors.

*Casc i cambra resistent.* — El vaixell, per ço que esguarda al casc, ha d'atendre a dues condicions: una, la de les formes arquitectòniques

més favorables a la doble navegació; i altra, la de navegar submergit per un medi líquid de pressió variable.

Per satisfer en el possible aquestes dues condicions, vaig adoptar els dos cossos: un d'impermeable i resistent, i altre d'exterior, susceptible d'adaptar-se a les formes exigides per la navegació.

La cambra resistent és de fusta, formada per quadernes d'olivera, de 10 centímetres de gruix, aparellades i revestides de cintes de roure de 6 centímetres i un folro de coure de 2 mil·límetres de gruix.

Uneixen ambdós cascos sòlides varengues de bronze. La quilla és de roure, defensada per una planxa de bronze.

Des del centre cap a proa, les seccions del casc exterior són circulars, i en la secció de popa es van tornant estretes en forma el·líptica fins al codast, estrafent la cua del peix.

En l'espai que resta entre els dos cascos, pot córrer lliurement l'aigua, excepció feta de la secció central *v*, que està destinada a veixigues de flotació, com veurem.

La cambra resistent té la forma d'un el·lipsoide de revolució, si bé en la secció central o mestra és cilíndrica en una longitud de dos metres. L'eix major de l'el·lipsoide té 14 metres i 2 el menor, essent la seva capacitat total de 29 metres cúbics.

Té aquesta cambra una sola escotilla *e* d'accés, de bronze, amb tanca de barra interior, de forma esfèrica, amb entrada circular de 40 centímetres de diàmetre. Porta quatre miradors, defensats per forts cristalls tronco-cònics d'un gruix de 10 centímetres i una transparència extraordinària.

En el mateix pla de la secció mestra, i coincidint son eix amb l'horitzontal de la cambra, es projecten fora del casc exterior altres dues semiesferes de bronze *C*<sup>2</sup> — una a babord i altra a estribord — amb cinc miradors cadascuna, amb cristalls iguals als de l'escotilla.

El mirador proel és un casquet *C*, també de bronze, semblant als de la secció central i de cinc miradors.

La cambra el·lipsoide acaba a popa amb un casquet de bronze que dona pas, per medi d'espòpenc, a l'eix de l'hèlix propulsor.

El codast i el contracodast són de ferro batut, sòlidament empernats en la paret de la cambra resistent.

El timó és de xapa de ferro sostingut pel codast exterior i es mou des de l'escotilla central per un torn *L* d'enrotllament compost de

vis sens fi i rodes. La cadena de moviment passa per dessota els quar-  
ters de coberta, convenientment defensada.

L'hèlix propulsor és de dobles ales, semblant al tipus Mangin, però de superfície plana. Les ales van enroscades al cub per poder ésser canviades en cas de ruptura, sense que sigui necessari des-  
muntar l'eix general. També aquesta disposició ha facilitat el recanvi de pales de distintes formes i superfície, en els assaigs de velocitat que es varen practicar amb el motor muscular.

Com que el timoner fa de capità, afueixen a l'escotilla central, que és on resideix, els grifs de govern de la veixiga natatòria, el dispar de les bombes de la mateixa, el tancament de la xemeneia, etc., etc.

*Els mecanismes natatoris.* — El vaixell, quan flota, emergeix de l'aigua el suficient per a deixar al descobert tota l'obra morta del casc exterior, dotant-lo així i en el possible de les millors condicions nàutiques per a navegar per la superfície. Com que la immersió es fa per admissió de llast, es deixa el vaixell a la densitat pròximament de l'aigua quan es va a procedir a la immersió.

Aquesta flotabilitat es deu a les anomenades apropiadament veixigues de flotació, que consisteixen en quatre compartiments *v* impermeables, fets de làmina de coure i allotjats en els «entre-barcos», dos a babord, dos a estribord i un a cada costat de l'escotilla central. (Vegeu les figures 1, 2 i 6 de les seccions.)

Aquests compartiments *v* estan convenientment relacionats per canals: l'entrada d'aigua inferior és *I* (figura 3, secció transversal) amb els corresponents grifs que es maniobren des de dins de la cambra, i l'entrada d'aire *I* per a quan s'hagi de desallotjar l'aigua.

Aquesta expulsió s'obté per una injecció d'aire que es fa des de l'interior de la cambra per la bomba d'aire *N*, susceptible d'ésser moguda a mà per quatre homes agafats als manubris *o*<sup>1</sup> i també per l'eix general de la màquina de vapor *Z*.

S'ha de tenir ben present que aquesta operació de buidar les veixigues es fa una sola vegada, que és quan es donen per acabades les submersions, tornant el vaixell a son fondejador.

Estant, doncs, el vaixell a surada, s'ha d'admetre aigua en aquests compartiments impermeables. S'obren els grifs *I* d'admissió d'aigua (figura 3) ensems que el d'escapament d'aire *I* (figures 1 i 3), pro-

curant que no es decanti el vaixell per entrar més aigua en un costat que altre, i fent aquesta operació més o menys ràpida amb sols variar el pas dels grifs d'entrada.

Quan aquests dipòsits, que atenyen una capacitat total de vuit metres cúbics, són plens d'aigua, el vaixell queda negat fins a deixar fora de la superfície de l'aigua els darrers cristalls de l'escotilla, i a una densitat poc menor que la de la mar.

En aquest estat pot ja entrar en funció la *veixiga natatòria*, que és l'aparell encarregat de la translació del vaixell en sentit vertical.

Constitueixen aquest organisme (figura 1, làmina I) tres elements: una caixa *Q* d'admissió d'aigua de la mar, dos dipòsits d'aire comprimit *K* i una bombeta de compressió en tres cossos *P*. Aquests tres elements estan correlacionats: el dipòsit d'admissió de llast *Q*, amb la boca d'aspiració de les bombetes *P*, i aquestes per llur canal d'injecció amb el dipòsit d'aire comprimit o veixiga *K*. El funcionament d'aquest aparell és el següent: les veixigues *K* estan fins a la meitat plenes d'aigua i l'altra meitat d'aire o un gas permanent qualsevol, comprimit a una pressió doble de l'índex de profunditat de l'ictini, ço és, si la màxima profunditat a què havia de descendir el vaixell correspon a 5 atmosferes, la pressió d'aquest aire o gas ha d'ésser de 10.

S'obre pel timoner o per l'observador de proa el grif d'entrada d'aigua de llast, que caurà en la caixa *Q*. En determinar-se el descens —que pot ésser suau o ràpid, segons la major o menor obertura del grif, — es tanca aquest. Va descendint el vaixell, i abans d'arribar a la profunditat desitjada, s'obre la sortida d'aigua de les veixigues, per alleugerir-lo un poc, per tal d'evitar un descens excessivament ràpid, que és sempre perillós, i ensems per rectificat la seva densitat a fi d'aconseguir una perfecta estabilitat.

Així que s'iniciï l'expulsió d'aigua de les veixigues, ja poden les bombes de compressió començar a funcionar, prenent aigua de llast de la caixa *Q* i injectant-la en les veixigues per reintegrar-les de la pressió que hagin perdut, sense que aquest trasllat alteri el més mínim la densitat del vaixell.

Com que les quantitats d'aigua que es llencen de les veixigues són en aquest cas molt petites, amb poc treball per part de les bombes es serva la pressió inicial dels dipòsits, podent, per tant, prolongar

i repetir la maniobra d'ascendir totes les vegades que es vol i indefinidament, deixant sempre la veixiga amb la seva pressió inicial.

Aquesta admissió i expulsió d'aigua es fa indistintament des de proa i des de l'escotilla central, i a aquest efecte aflueixen a ambdós punts les corresponents canonades  $Q^1Q^2Q^3$ , els manòmetres  $K$  indicadors de la pressió de les veixigues, els de la pressió de la mar  $X'X'$  per a grans profunditats i els d'aire  $XX$  per a petites oscil·lacions.

L'equilibri longitudinal estant el vaixell en marxa, s'assegura per un cilindre de plom  $V$  encarrilat paral·lelament al pla horitzontal de la cambra, podent córrer del centre a la proa i viceversa, segons convingui corregir desequilibris longitudinals o provocar-los a voluntat, per una simple volta de maneta, a l'abast del maquinista. Un llarg nivell d'aire en la prolongació de la guia o carril, indica les alteracions longitudinals.

Altres orgues natatori són les dues aletes  $A'A'$  (figura 5, làmina II) disposades de faísó que per llur acció pugui el vaixell donar la volta a l'entorn de son eix vertical, estant parat.

Aquestes aletes són dos hèlixs  $A'A'$  d'igual forma que l'hèlix motriu, un a babord i l'altre a estribord en eixos  $d$ , a 45 graus, en un mateix pla transversal. Aquests hèlixs, quan estan parats, s'allotgen entre cascos per evitar la resistència que oposarien a la marxa del vaixell. Funcionen independentment l'un de l'altre i quan comencen a girar es projecten fora del casc exterior, per tenir llur eix «aterajat» rebent el moviment del pinyó-tornel  $d'$ .

A més del moviment de cia-boga, poden en certs casos provocar l'empopament del vaixell.

Poden agrupar-se amb els aparells natatoris els llastos de seguratat, que divideixo en esfèrics i d'exhauriment, i la missió dels quals explico en el capítol II de la *Segona Part*.

Componen els primers, esferes de ferro fos  $G$  (làmina 2.<sup>a</sup>, figura 3, soltes en una caixa  $G^1$ ) en la secció central. En deixar anar la balda solidària de la maneta  $G^3$ , s'obre la comporta  $G^2$ , escapant les esferes a la mar, alleugerint el vaixell d'un pes doble de l'aigua tancada en les veixigues natatòries. Si després d'haver llençat tota l'aigua de les veixigues i aquests llastos esfèrics, hom recorre als llastos d'exhauriment, compostos de quatre caixes de ferro  $H$ , distribuïdes dues a dues en la secció proel i en la popel, com indica la figura 2, làmina 1.<sup>a</sup> i

sostingudes per cadenes  $H$  i un «càucam» de forma especial  $H^2$  (figura 4, làmina 2) que es dispara només deixant anar la balda  $H^3$  (figura 1, làmina 1.ª)

*L'atmosfera ictínea.* — Si bé navegant per la superfície respira la tripulació l'aire natural, que entra per l'escotilla d'accés a la cambra, es disposa, no obstant, de xemeneies de ventilació i refresc, que en combinació amb el ventilador de la caldera, produeixen una renovació continua de l'aire.

En  $E$  (figura 1, làmina 1.ª) hi ha l'entrada d'aire de proa que s'obre i es tanca per vàlvula plana des de dins.

En  $E'$  hi ha la popa, amb petita variació en els òrguens de tancament.

Com que el ventilador  $T$  absorbeix l'aire dels dos extrems de la cambra per injectar-lo en el fogar de la caldera, va contínuament acudint aire fresc per diets orificis, encara que l'escotilla central estigui hermèticament tancada. Quan aquestes entrades d'aire es tanquen, l'aire natural és substituït de seguida per l'artificial generat en la mateixa cambra.

Sols dos aparells constitueixen el material mecànic que porta a cap aquesta important funció de la nau submarina: el generador d'oxigen i el purificador.

Ambdós aparells van en la secció popel, funcionant el generador d'oxigen sols quan no està en marxa el motor submarí.

El detall d'aquest generador és a la làmina 3, figura 1.ª Dins de la petita retorta  $d$  es posa el paquet  $b$ , que conté el clorat de potassa i el combustible mitjançant la calor del qual es desprèn l'oxigen. Després d'haver rebut una pressió de dues atmosferes la cambra  $G$ , surt l'oxigen per l'aixeta  $e$  i és conduït per un tub a l'aparell purificador.

Componen aquest aparell: una caixa  $R$  (figures 1 i 2, làmina 1.ª), una tuberia  $R^2$ , que parteix de la caixa i va fins al mirador de proa; un ventilador  $T$  i una bombeta  $R^3$ . Com que la purificació de l'aire sols és necessària en la submersió, s'utilitza el ventilador  $T$  quan es navega per la superfície per a injectar aire al fogar de la caldera, on es crema carbó aplicant-li el tub mòbil  $T$ .

En funcionar el purificador, el ventilador s'encarrega de provocar

un corrent d'aire, prenent-lo de la caixa *R*, i aquesta a son torn de proa per la canal *R'*. En arribar aquest aire a la caixa, rep un raig líquid alcali injectat per la bomba *R<sup>2</sup>* que l'aspira del fons de la mateixa caixa *R*, mesclant-se intimament amb l'aire, que, absorbit pel ventilador, el restitueix purificat a la cambra.

Quan funciona el motor submari, com que l'oxigen es produeix en la mateixa caldera de vapor, es dirigeix al dipòsit *G*, on es renta, passant després al purificador.

*El Motor: Motor superficial.* — El componen el generador i la màquina de vapor ordinària.

El generador és del sistema anomenat tubular. Consta de dos cossos *S*, *S<sup>1</sup>* (figura 1, làmina 1.<sup>a</sup>) L'interior *S*, és el cos vaporitzador; el superior *S<sup>1</sup>*, el dipòsit de vapor.

El cos *S* és cilíndric, de cercles de bronze, susceptibles de passar cadascun per l'escotilla d'entrada. Aquest cos es compon del forn, format per una secció cilíndrica que conté la graella i a continuació un feix de tubs de 4 centímetres de diàmetre interior, fàcilment desmuntable per a poder-lo netejar del sutge i de les incrustacions.

Els fums, en sortir d'aquests tubs, entren en altres disposats en filera circular que els condueixen a la cambra anterior que rodeja la caixa de foc, escapant d'allí a la xemeneia *S<sup>2</sup>*, un cop travessat el dipòsit de vapor.

La tanca d'aquesta xemeneia és de clau cònica *S<sup>3</sup>*, i s'opera des de l'interior de l'escotilla, per rodes dentades i la prolongació de son eix *S<sup>4</sup>*.

El fogar es carrega de coc per una tremuja *S*, i pel cendrer entra el corrent d'aire forçat.

El nivell de l'aigua normal assoleix la part baixa del dipòsit de vapor, i per a comprovar la seva altura, el fogainer disposa de tres indicadors: un de claus, un de flotant i un tub de cristall.

El dipòsit de vapor *S<sup>1</sup>* és un cilindre de secció el·líptica (figura 4, làmina 2) construït de xapa de ferro i provat a una pressió de 20 atmosferes. Està proveït de claus de descàrrega a l'atmosfera, de dues preses per a donar vapor a les màquines motrius i de dos manòmetres metàl·lics.

Alimenta d'aigua a la caldera una bomba *U<sup>1</sup>* immediata a les

bombes centrals figures 1-2, làmina 1.ª, i un injector Giffart. Aspiren l'aigua d'una caixa que rep l'aigua del condensador.

La màquina motriu, de la qual sols hi ha figurat en els plànols el seu emplaçament i cigonyal *Z* (figures 1 i 2, làmina 1.ª), és de dos cilindres muntats a angle recte l'un de l'altre, oscil·lants pel centre, servint ambdós «munyons» d'entrada i sortida del vapor. La corredora és plana, susceptible de canviar l'admissió de vapor de 1/2 a 1/5.

Dos contrapesos equilibren el cigonyal que enllaça amb l'eix *K* de moviment.

La marxa normal de la màquina és de 80 voltes per minut, movent tots els aparells, i la propulsió del vaixell a la pressió efectiva de 4 atmosferes.

El condensador és tubular, compost de dos cossos *a* *a'* muntats a l'exterior de la cambra entre cascots i en lloc on poden ésser coberts sempre per l'aigua de la mar, que ha de determinar la condensació. Els tubs de condensació són de llautó, amb 20 mil·límetres de diàmetre interior i 2 de paret, formant dos manolls correlacionats.

Així, l'anada de vapor al condensador i la tornada després de condensat, passa per un canó de coure, travessant la cambra per la botzina *Z'*, i proveïts dels corresponents grifs de descàrrega i vàlvules d'obstrucció.

El vapor condensat cau a una caixa tancada, el buit de la qual sosté la bomba d'aire *R*<sup>3</sup>, i d'aquesta caixa prenen els aparells l'aigua d'alimentació anant a parar també a ella les «purgues» de les màquines motrius.

Els aparells de proa són moguts també per la màquina motriu, convenientment enllaçats amb ella per embragament, rodes dentades, etc. Totes aquestes comunicacions no es detallen per no oferir cap particularitat.

Es necessiten dues hores per aixecar vapor en la caldera i alimentar el motor el de popa que mou el ventilador *T*. Així que la injecció d'aire ateny la normalitat, la tensió del vapor puja de seguida i es manté sense grans oscil·lacions.

Passem ara a descriure les innovacions introduïdes en ambdós motors per utilitzar-los com a aparells submarins.

El generador és el mateix. Sols se li han afegit quinze cambres tubulars de 6 centímetres de diàmetre interior i 1<sup>m</sup>50 de longitud,

en al costat de l'altre, formant cercle concèntric a la caixa de foc i correlacionats per llurs boques en el frontis de la caldera, per dos petits tubs, que són els conductors dels productes de la combustió, a un dipòsit d'absorció *X*.

En la part exterior de la secció de popa hi ha una caixa cilíndrica *T*<sup>2</sup> que serveix per amagatzemar l'oxigen després del foc submari o altres gasos, en el cas de comburir mescles que els produeixin amb alguna abundància. Aquesta caixa porta una vàlvula automàtica de desfogament que s'obre cap a fora per a donar sortida als gasos.

Si s'amagatzema oxigen, serveix per a la respiració i l'alimentació dels fars exteriors. Com que el combustible submari és en tubs, poden portar-se en bastant quantitat i ben guardats, en una caixa cilíndrica.

La caldera no necessita cap més adherent per a ses funcions. Així que es dona l'ordre de submergir-se, es tanca hermèticament el fogar del carbó i la boca del cendrer per on entra l'aire del ventilador. La xemeneia s'obstrueix donant la volta al grif; es tanquen les dues entrades d'aire i resta la cambra completament incomunicada amb l'atmosfera exterior i en disposició d'entrar en funció el motor submari. Hom procura sempre que en aquest instant la tensió del vapor sigui un poc alta, perquè no descendeixi ràpidament. De seguida es carreguen les quinze cambres amb sengles cilindres de mescla, calant-los foc un a un, i la vaporització continua a de peses del nou combustible.

Aleshores es desembraga la màquina motriu de proa *Z*, passant el vapor a alimentar l'altra màquina de popa *W*, que és la motriu mentre el vaixell marxa submergit.

Aquesta màquina és d'un sol cilindre, posada en el sentit longitudinal de la cambra, amb un pesat volant *m* en son eix per a regularitzar el seu moviment.

La transmissió del moviment d'aquesta màquina a l'eix general *K*, es fa per rosca i roda amb el seu corresponent embragament.

Les tapes de les cambres de combustible porten cadascuna un grif amb un cristall pel qual hom segueix la combustió de la mescla. La substitució del tub cremat es fa ràpidament: no hi ha més operació que la d'obrir, treure el tub posar-ne un altre, calar foc al seu i tancar

la tapa amb una brida de rosca de facilíssim maneig. Els tubs cremats es deixen en el dipòsit exterior *F*.

El mateix la una que l'altra màquina motriu no poden tenir la distribució del vapor amb l'anomenat canvi de marxa per a canviar el sentit de la revolució de l'eix propulsor, per no permetre aquest canvi de direcció els variis aparells que mou. Per al servei de l'hèlix propulsor s'ha disposat la transmissió per rodes, canviant la direcció del seu moviment, segons el rebí per la de baborí o la d'estribord, obtenint, per tant, el cia-boga amb sols un senzill embragament.

En aquest mateix joc de rodes hi ha una contramarxa que permet d'aconseguir dues velocitats distintes en l'eix del propulsor.

*Visió exterior i il·luminació.* — Els miradors que hem citat en descriure el vaixell, i que ascendeixen a 19, estan convenientment distribuïts per a dominar tota la secció proel i popel, que puguin interessar a la tripulació de l'ictini.

La secció superior està il·luminada exteriorment per un far *J* (figura 1, làmina 1.<sup>a</sup>) de llum oxhídrica, giratori. Aquest il·lumina amb força clarejat la proa de l'ictini; creient, amb fonament, que hauria bastat per a il·luminar els útils dedicats a l'extracció del coral.

A proa, cap avall per estribord, i a popa, cap amunt per babord, hi ha altres dos fars oxhídrics també, però fixos.

El superior de proa es compon d'una caixa cònic-esfèrica, tancat per un cristall d'igual dimensió i classe que els dels miradors. Componen el llum un metxer de doble conducte (figura 9, làmina 3.<sup>a</sup>), el suport del sòlid *c* i un reflector. Aquests òrguens són solidaris d'un tub que es pot posar i treure i que permet d'arranjar convenientment la posició respectiva del metxer dins la cambra. Un senzill moviment d'un «sens fi» fa girar el far a voluntat entorn del seu eix.

L'oxigen es pren del dipòsit *T*, o del generador d'aquest gas, i l'hidrogen, des del dipòsit *J*<sup>2</sup> de popa, on està comprimit, corre per un tub exterior fins al far.

La il·luminació interior de la cambra s'ha fet sempre amb veles d'espelma.

*Detalls d'alguns òrguens especials.* — Com que no és possible deta-

llar en els plànols generals els òrguens d'alguns aparells importants, faré una descripció dels que més pugui interessar de conèixer.

En la figura 1, làmina 3.<sup>a</sup>, està representat el generador d'oxigen.

Dins d'un vas resistent de ferro *G*, hi ha un altre vas *d*, que és la retorta, on té lloc la descomposició del clorat de potassa. En *a* hi ha la mescla de ferro i clorat, amb el seu cap d'ignició *i*, contingut en un pot de llauna, dins d'un altre pot *b*, que conté el clorat, mesclat amb peròxid de manganès.

El gas, en sortir, va per *t* a la caixa *G*, obligant-lo a passar per l'aigua que conté en el fons, on deixa el clorur de potassi que porta en suspensió.

La inflor *M* del tub *t*, correspon a la diferència de pressió entre la cambra *d* i l'espai lliure del generador. En disminuir la temperatura en *d*, els gasos que conté es contrauen, ascendint l'aigua fins a penetrar en *d*, si no ho evitès el major volum de *M* que troba abans.

Per *c* es deixa anar l'oxigen, després de romandre cinc minuts en la caixa a una pressió de dues atmosferes, vers el purificador.

La figura 6, de la mateixa làmina, mostra la disposició detallada del purificador.

*u*, és el tub d'aspiració d'aire, que el condueix a la caixa tancada *C*, plena fins a la meitat d'aigua alcalina. Entre el grif *e* i la tubuladura *f*, radica la bomba d'injecció que, prenent el líquid de la caixa, l'injecta per *f*, entre el corrent d'aire que arriba per *t*, subdividint-se aquest raig en petites gotes, que es mesclen amb ell intimament. El ventilador *V*, aspirant només per la part de la caixa, pren l'aire, llençant-lo altre cop a la cambra per la seva boca *S*.

Per l'aixeta *O*, arriba l'oxigen pur, i la *G* serveix per carregar de líquid la caixa.

La figura 7 és l'ampolla de rectificació. S'emplena l'ampolla *g* d'aigua o mercuri fins a la meitat, introduint un tub *a*, de cristall graduat; la capacitat total i el diàmetre inferior d'aquest estan relacionats amb la graduació en cèntims de la capacitat.

Del tap *t* penja un cistellet *c*, fet de fil de plati, on es col·loca, quan es dosa l'àcid carbònic, una boleta de potassa càustica mullada i un terròs de fòsfor quan es va a dosar l'oxigen.

Si la tapa *t* tanca hermèticament, com que es verifica en *c* una

absorció, el líquid de l'ampolla puja pel tub graduat d'una quantitat igual a la del gas absorbit.

El detall de les quinze cambres del foc submari, està representat en la figura 2 de la làmina 3.<sup>a</sup> En el dibuix figura la cambra o fornec carregat amb la mescla en disposició de cremar.

*C* representa el graix del frontis del generador amb el qual està unit el fornec. L'aixeta *O* és la de sortida d'oxigen. La *D* la de sortida dels gasos que van a l'absorbidor. El tub *t*, de xapa molt prima, que condueix l'oxigen producte de la reacció, porta un ajustatge cònic *n s* per isolar aquest gas, essent el tornet *r* la tapa per on es tira el cap d'ignició.

La «rondeleta» *A* és d'argila refractària i serveix de pàmpol per defensar de la calor interior la testera del fornec, que és en sec.

L'aixeta *E* porta encastat un cristall pel qual s'observa la marxa de la combustió en l'interior del fornec.

En *M* hi ha la mescla comburent de zinc o de ferro dolç.

La disposició del cilindre combustible està representada per la figura 3, en la seva part més important, que és el cap d'ignició i el diafragma. Aquest és una caixeta cilíndrica amb tapa *t*, taladrada en tota la seva superfície i plena d'arena fina. Aquest diafragma remata el tub quan està ple de la corresponent mescla, seguint-lo el cap d'ignició, comprès tot ell en altre vas cònic *c*, també de parets perforades.

Tot l'espai *S* està ple d'arena fina; *a b* són les mescles que serveixen de seu, i la metxa *i* fortament cloratada per a ca'ar foc als seus.

La caixa d'absorció dels gasos ve representada per la figura 5.

La caixa *C* de ferro està hermèticament tancada, rebent pel canó *d* els gasos producte del combustible submari. *M* és el manòmetre indicador de la pressió. Porta en la seva part baixa un cix *a* armat de pa'etes i tancat per caixa d'estopa, que, mogut per la transmissió, agita el líquid alcalí. L'aixeta *C* és la de càrrega d'aquest líquid i la *v* la de descàrrega. Per *g* surt l'oxigen, que és conduït al purificador, com ja s'ha explicat, rebent allí un nou lavatge.

En la figura 9 es detalla el metxer de llum oxhídrica en secció i relacionat amb el sòlid que rep el corrent dels dos gasos.

La corredora de l'ctini ve representada per la figura 10. El canó *C*, de xapa de ferro oberta, té un metre de longitud i 60 centí-

metres de diàmetre, engrandint-se cònicament els seus dos extrems per afavorir l'entrada i sortida de l'aigua. Aquest canó està fortament muntat i comparat en la coberta del vaixell.

Coincidint amb son eix, va el del molinet de tres pales, de 30 centímetres de diàmetre, girant en un pla paral·lel a la secció transversal de l'ictini.

El moviment de les pales es trasllada a l'interior de la cambra, on es registra en un disc, per un tornet *T* «sens fi» i roda el·lipsoidal *R*, l'eix de la qual travessa la paret de la cambra per caixa d'estopa.

La figura 4 de la mateixa làmina representa el generador de gas a pressió per a la veixiga natatòria, que en els darrers temps dels assaigs vaig idear per a substituir-lo a l'aire comprimit.

Aquest aparell va a bord d'una llanxa, puix només funciona quan per algun accident es perd la pressió en les veixigues.

Es compon d'un cilindre generador *B* i un lavatori *L*, immersits en una caixa *n* plena d'aigua que fa l'acció de refrigerar els dos cilindres durant l'operació.

*P* és un pot de mescla combustible ple d'aquest en les seves dues terceres parts. La tapa *C* sols serveix per contenir l'òxid de sodi que es volatilitza, deixant lliure sortida als gasos.

Quan el manòmetre *M* indica en els gasos haver assolit la pressió necessària a les veixigues, s'obren les aixetes *E E'* amb rapidesa. El lavatori *L* porta aigua fins a la seva meitat, en la qual els gasos, conduïts pel tub *t*, deixen la sosa càustica i l'àcid nítric que poden portar amb ells i pel *T* passen a les veixigues de pressió.

Per *p* es neteja el canó un cop feta l'operació.

Tres són els útils destinats a la recollecció del coral, que sols figuren lleugerament indicats en la secció longitudinal del vaixell (figura 1, làmina 1.<sup>a</sup>)

En *P*<sup>3</sup> hi ha la pala per a recollir el coral *mufl*, de la qual només es veuen els òrguens del seu moviment. La pala, de mànec llarg, és articulada a 90 graus amb l'eix inferior. Descriu més de mitja circumferència, dragant el fons de la mar i elevant-se per a deixar sobre coberta el contingut, que cau per son pes en una caixa.

En *P*<sup>4</sup> hi ha la ganiveta per a tallar el coral viu. És horitzontal, de 3 metres de longitud, sostinguda i guiada per un cavallet que s'eleva

sobre el casquet miranda de proa. Una xarxa en forma de bossa rep els cossos que talla.

Un i altre aparell funcionen, com es comprendrà, a mà, i encara que varen ésser muntats en l'et ni, es varen desmontar els òrguens exteriors, des dels primers mesos, perquè no destorbessin en els estudis i assaigs a què es va dedicar el vaixell.

Era el tercer aparell l'òrgue especial de presa, que representa la figura 8 de la làmina 3.<sup>a</sup>

Un canó cònic *C*, fix en la paret de la cambra, podia comunicar amb la mar per un grif *L*. Per son interior baixa una canya *C*, armada de pinces *P* en son extrem interior, que s'obren i es tanquen des de la cambra per la vareta *w* interior aterrajada amb el volant de mà *V*. La tapa *T*, guia la canya *e* per la caixa d'estopa *E*, i dos cristalls *m* permeten dirigir les pinces vers l'objecte que es tracta d'agafar.

Quan les pinces, amb l'objecte agafat, es troben en la cambra cònica, es tanca pel tornet *t* i la clau *L* la seva comunicació amb la mar, i aixecant la tapa *T* s'extreu de les pinces l'objecte en elles agafat.

La figura 11 és la còpia de quatre proves fotogràfiques preses dels cilindres arquejats a què em refereixo en el capítol *Resistència dels ictinis a la pressió*. — *Resistència dels cilindres arquejats*.

*Canó i torpill*. — Entre els diversos assaigs que va realitzar el segon Ictíneo, hi ha el del canó que provisionalment va instal·lar-s'hi.

La importància tècnica d'aquest assaig, que fins ara no té cap precedent, justificarà el meu propòsit de donar a conèixer la disposició que vaig idear per carregar i disparar un canó cobert per les aigües.

El canó que, repeteixo, va instal·lar-se provisionalment a bord, ocupava el lloc de la caixa *F* que serveix de dipòsit del combustible submari.

En la secció transversal de la figura 6, làmina 2.<sup>a</sup>, ve figurat tot el mecanisme amb el canó boca enlaire en disposició de disparar.

La figura 7 que el segueix és un tall transversal del mateix, però amb el canó boca avall, en disposició de carregar.

Constituïen aquest mecanisme dos cossos: el canó, amb l'encep a l'exterior de la cambra i un cric amb manegot de tanca en l'interior.

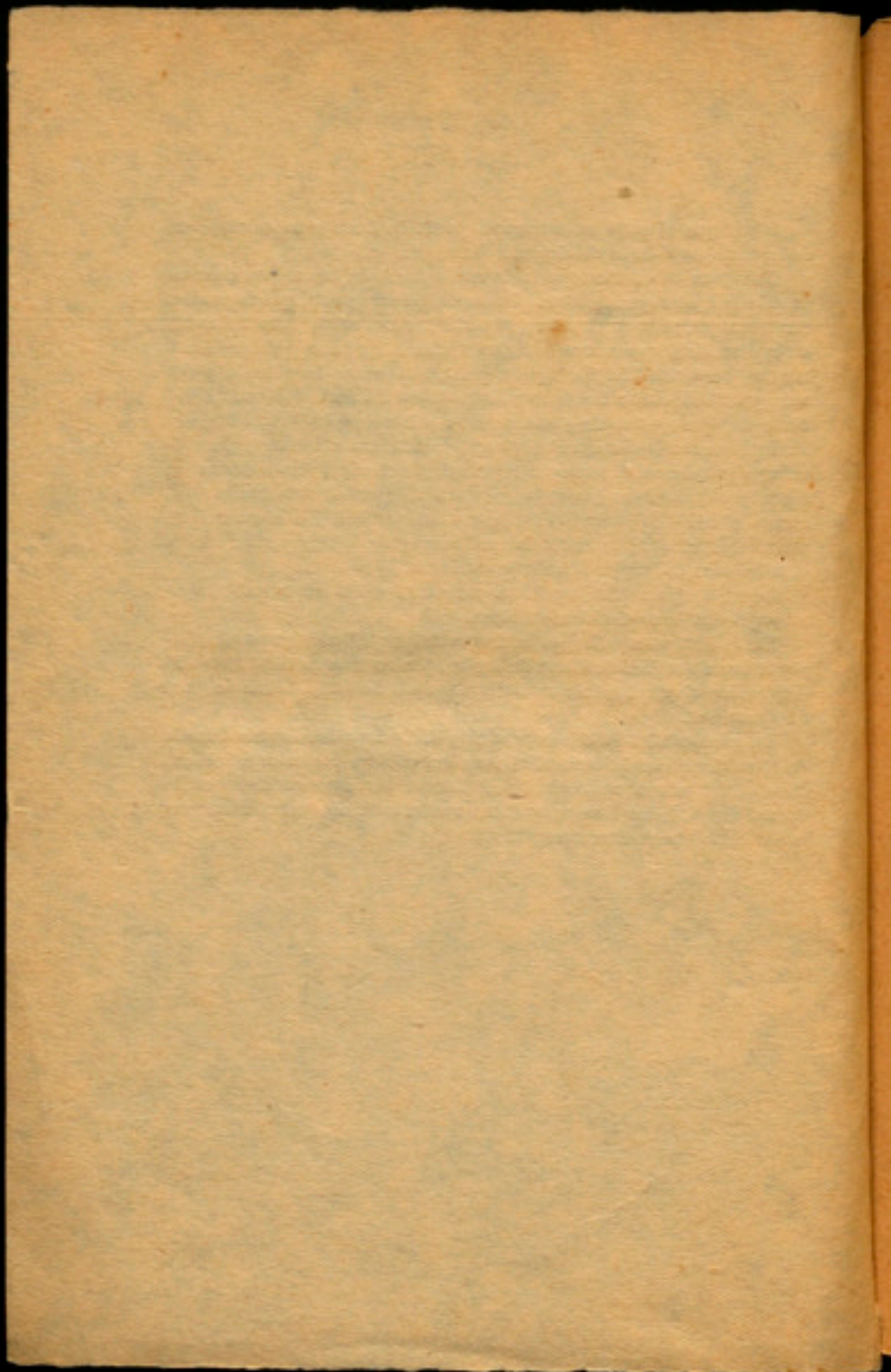
Dient que el canó es carregava posat de boca a la cambra, es deduirà de seguida la maniobra i el mecanisme.

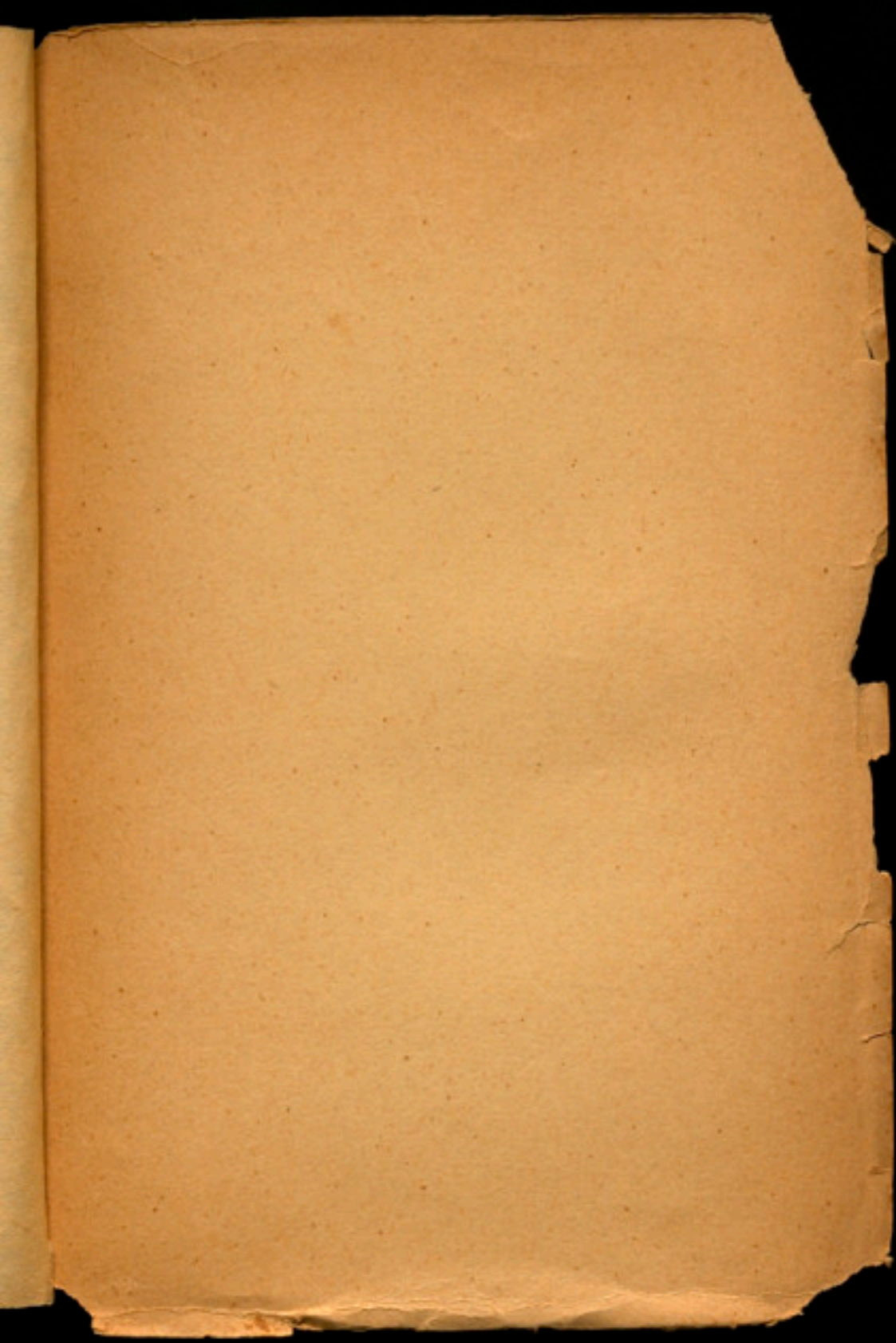
Una gran caixa d'estopa forta en la paret de la cambra donava pas al manegot 2 que ascendia i descendia pel cric 5 6 del què dependia. Per carregar, pujava el manegot a ajuntar-se amb la boca del canó, en la disposició que marca la figura 7, fins a fer la unió de ambdues boques, impermeable. En aquest estat, s'aixecava la vàlvula 3 del manegot, buidant-se l'aigua continguda en l'ànima del canó i del manegot, que un tub de goma conduïa a la caixa de llast. Netejada l'ànima, es carregava des de la cambra; tornava a tancar-se la vàlvula 3; es baixava el manegot 2 per mitjà del cric 6 fins a descansar sobre l'estopenc; i per una roda i «vis sens fi» que es movia des de dins, girava el canó i fins a prop de la posició vertical. En la recambra, portava un martell 11 encarrilat en dues gules 9 que picava contra el fulminant del projectil en caure de elles.

Aquesta operació es repetia a voluntat, sense necessitat d'aparèixer mai a la superfície de l'aigua.

En la làmina 2.<sup>a</sup> s'indica la forma del torpill-coet que tenia disposat per a assajar, desistint de fer-ho, per no haver cridat l'atenció del Govern els assaigs de canó verificats amb tant d'èxit dins del port de Barcelona.

La part esfèrica és el vertader torpill. La impulsió motriu l'havia de rebre d'un feix de coets allotjats en el cilindre posterior a l'esfera. El conjunt estava convenientment llastat per a mantenir-se en la cara d'aigua, i dos timons o aletes verticals fixos devien conservar la direcció durant el recorregut.





C  
1  
358