

42

**BIBLIOTECA  
CIENTÍFICA RECREATIVA**

81

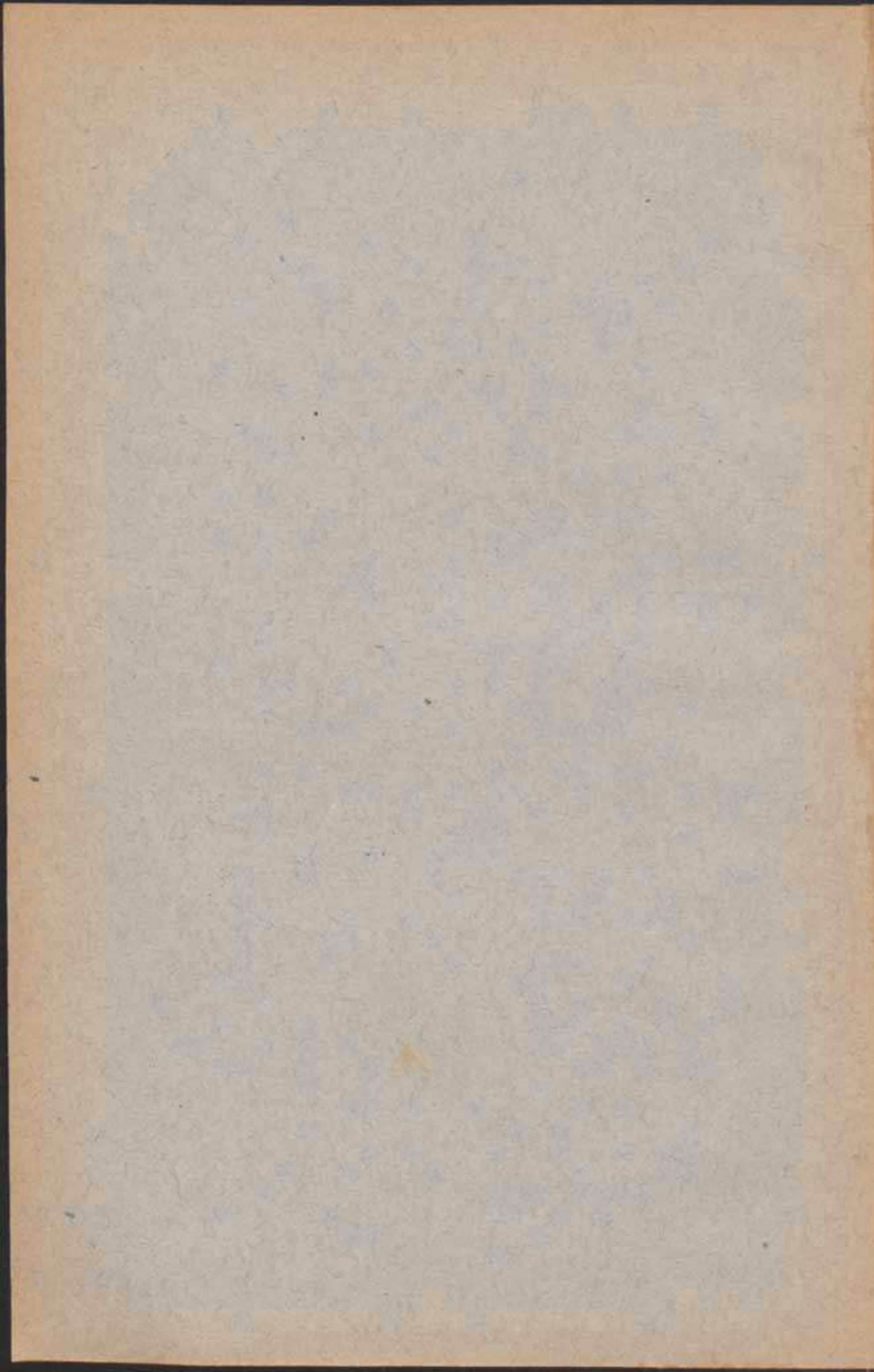
por De Anaderra



LE-2652





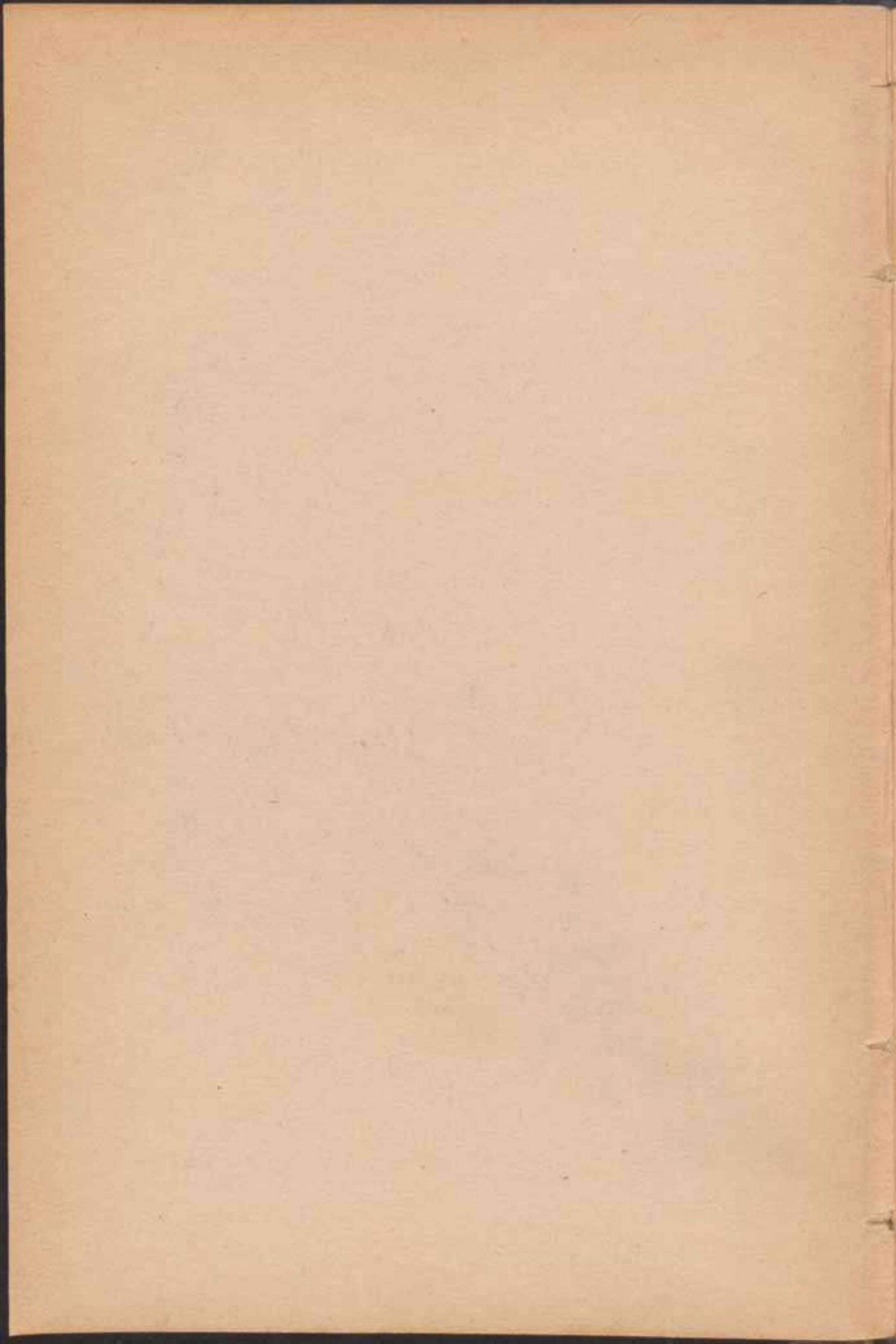




EL PEZ DE MADERA









P. 1.50 pts.

**El Pez**



**de Madera**

(JUGUETE PARA NIÑOS)

POR

**CÁSTOR AGUILERA Y PORTA**

(Ampliado por su hijo)



**MADRID**

LIBRERÍA DE LOS SUCESORES DE HERNANDO  
Calle del Arenal, núm. 11.

1907

J.



Es propiedad.



# EL PEZ DE MADERA



I

Mi promesa.

Pronto hará tres años, mis queridos niños, que desempeño exclusivamente con vosotros el cargo de instructor. Durante ese tiempo os he consagrado mi escasa inteligencia con grandísima voluntad, y no estoy descontento de vosotros. Cierto; porque sois dóciles y aplicados, hemos podido cumplir nuestro mutuo compromiso: vosotros, el de aprender; yo, el de enseñaros. Pero conviene recordar lo que tantas veces os he repetido: mi propósito fué daros ideas generales de todo, estimulando vuestro deseo de saber con explicaciones amenas al par que sencillas; así es que si sabéis poco, ese poco lo sabéis con seguridad.

Mucho nos ha costado vencer las nociones de la Gramática y las primeras reglas para contar; pero no balbuceáis al hacer el análisis de nuestra hermosa lengua castellana, ni titubeáis al plantear la resolución de un problema aritmético. Eso poco, bien sabido, es bastante á vuestra corta edad. Tened presente que por mucho que viváis,



estaréis siempre aprendiendo formas en el buen decir, que consiste en usar las palabras propias

para representar bien las ideas, y en guardar cierto orden en la colocación de los vocablos para expresar bien los conceptos, de lo cual resulta la claridad del lenguaje, ó, lo que es lo mismo, la exacta expresión del pensamiento. Tampoco debéis olvidar que la Aritmética, dándoos á conocer la cantidad expresada en números, cuyas propiedades, composición y descomposición son el objeto de esa ciencia, acostumbrando á calcular, robustece el raciocinio.

Sí, amiguitos míos, sois niños todavía; pero estad seguros que de vuestra constante aplicación depende el alcanzar el honroso título de hombres, acaso con más mérito que muchas personas adultas á quienes, por la pequeñez de sus conocimientos, debiéramos considerar como niños.

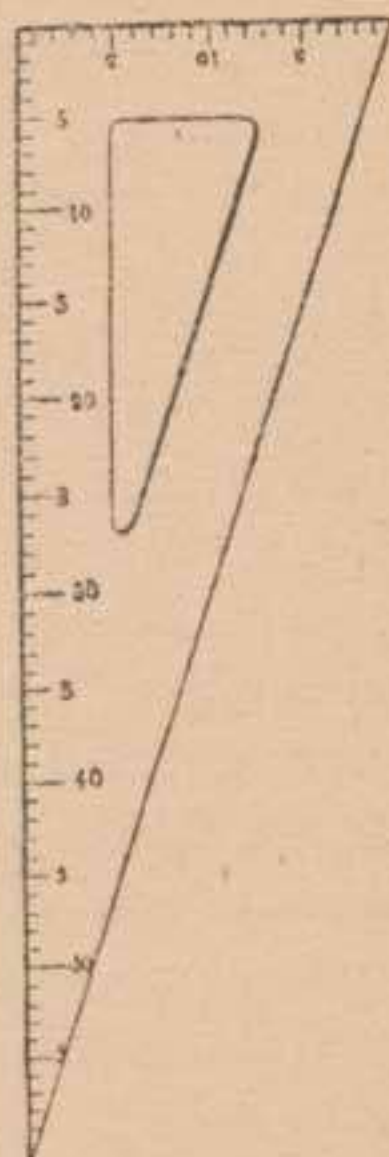
Es verdad que tampoco sois enteramente extraños á los principios de algu-



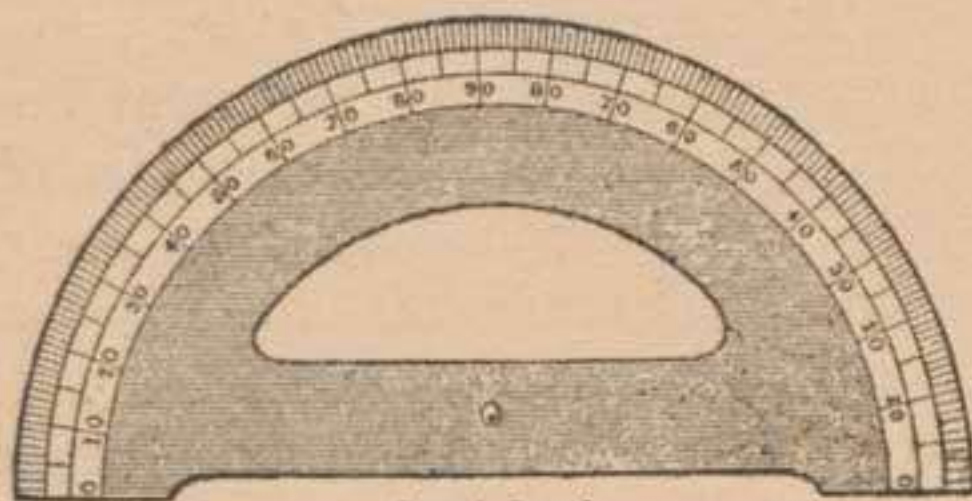
Regla y compás.



nas ciencias, gracias á las explicaciones que os he dado á manera de recreo, y siempre haciéndoos conocer su inmediata aplicación. Por eso sabéis manejar varios instrumentos, como la regla, el compás, la escuadra, el semicírculo... y no os arredra medir en el papel ó en el terreno una superficie ni calcular una altura; es decir, sabéis algo de Geometría. No participáis de las preocupaciones del vulgo á la vista de los fenómenos naturales, aunque no ignoráis los peligros de que estamos constantemente rodeados; así es que el relámpago y el trueno, ni os asustan, ni os sorprenden; en suma, sois despreocupados en la buena acepción de la palabra. No sa-



Escuadra.



Semicírculo.

béis precisar muchos hechos con exactitud matemática; pero os expli-

cáis con buen sentido el fundamento de un eclip-



se, la razón de por qué llueve, cuál es la causa del flujo y reflujo de los mares...; luego no sois enteramente extraños á la Geografía física y astronómica.

Claro es que, al haceros comprender esas ideas generales, he procurado eludir el cálculo fatigoso, la teoría intrincada, el rigorismo de las deducciones, con objeto de que así más fácilmente, burla burlando, os familiarizaseis con el estudio.

La Naturaleza, cuyos fenómenos más nos sorprenden, ha sido vasto arsenal para nosotros, sirviéndonos de símiles vulgares que facilitan la comprensión. Recordaréis cómo os expliqué, por ejemplo, la lluvia, llegando á comprender que se origina por la evaporación constante del agua, evaporación contenida, más ó menos, en las capas atmosféricas, y que aumenta en razón directa del calor, hasta el punto de que, en una marmita puesta á la lumbre, vemos disminuir el agua convirtiéndose en vapor. Y, ciertamente, el Sol es la lumbre que, calentando la Tierra, produce constante evaporación. ¿Qué es nuestro planeta sino un vaso casi lleno de agua? Las nubes son el vapor que se eleva, deteniéndose allí donde la atmósfera es menos densa, es decir, donde la densidad del aire es igual á la del vapor; después este vapor, condensado por el frío de esas regiones, vuelve al estado de agua, y cae por su propio peso : he aquí la lluvia.

¡Cuántos secretos no encerraba esta breve lec-



ción para nosotros! ¡Cómo barajábamos las ideas de gravedad, de peso, de densidad! ¡Cómo confundíamos muchas veces la idea absoluta, *gravedad*, con la idea relativa, *peso*! Y al distinguir claramente una idea de otra, ¡qué de sorpresas en vuestros sencillos entendimientos!

El agua sube constantemente en forma de sutil vapor, pensabais vosotros. ¿Y por qué sube el vapor?, me preguntabais. — Porque el vapor es menos denso que las primeras capas de aire de la atmósfera. — ¿Qué, el peso de la atmósfera no es igual por todas partes? — No; las capas de aire son más densas á medida que están más próximas á la superficie de la Tierra, porque, gravitando las superiores sobre las inferiores, éstas están más oprimidas; es decir, hay contenida más materia en menos volumen relativamente; entonces comprendisteis lo que llamamos la presión del aire, ó presión atmosférica, y os explicasteis el funcionamiento y utilidad de los *barómetros*, instrumentos capaces de medir la magnitud de la presión atmosférica en un lugar y en cada momento; el peso de la atmósfera actúa sobre la superficie del mercurio depositado en la cubeta, y determina el ascenso ó descenso de la columna de aquel mismo metal líquido encerrada en el tubo de cristal en cuyo extremo superior se hizo el vacío.

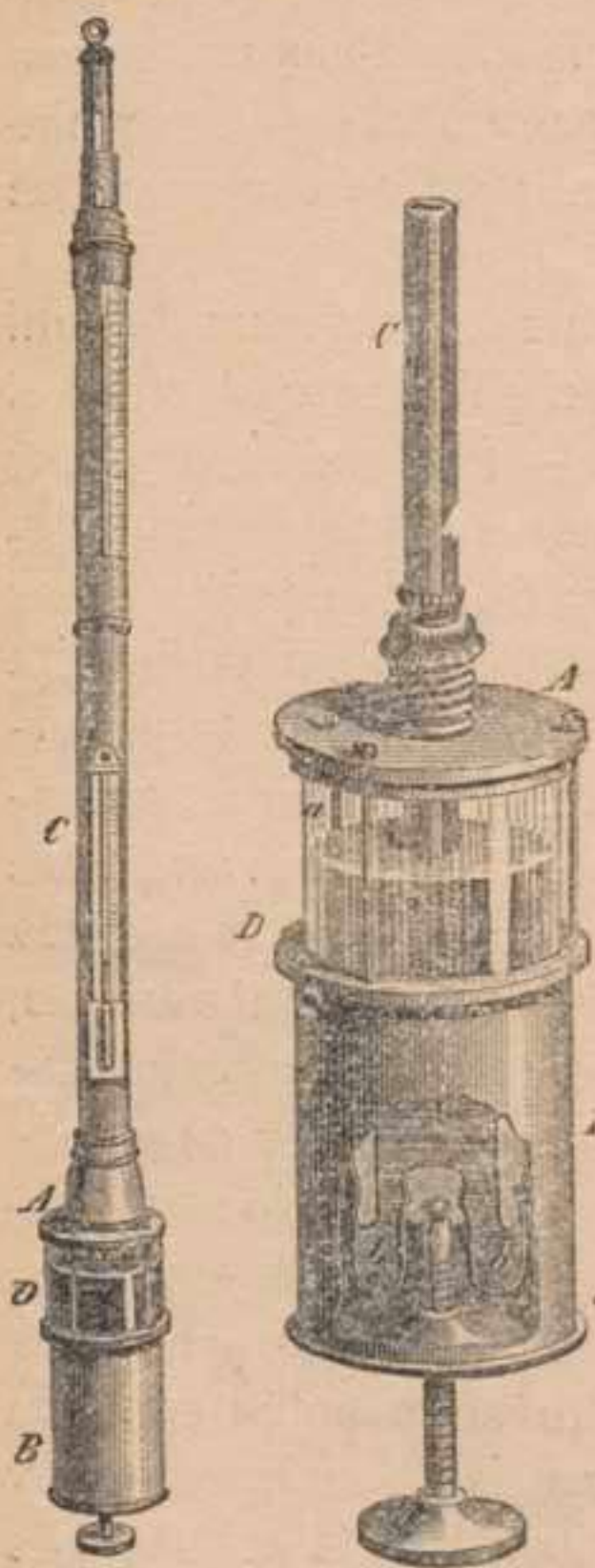
Recuerdo que me abrumabais con vuestras preguntas; preguntas tanto más difícil de contestar



cuanto que cada una de ellas podría muy bien ser

objeto de un tratado. Por otra parte, complácame mucho vuestra curiosidad, á la cual armaba yo una y otra celada para ponerlos en el camino de la ciencia —entendedlo bien,— en el camino, y no en posesión de ella, que para esto me reconozco incompetente.

Con estos raciocinios, sugeridos por lógica natural, sin separarnos por un momento de la Tierra, dedujimos la gravedad, no como ley, sino como hecho, la gravedad propia de la materia, tanto en los cuerpos compactos como en los flúidos; y visteis que esa propiedad no es más que la tendencia de los cuerpos á unirse al cen-



Barómetro de Fortin.

tro común; de aquí, mecánicamente, dedujimos también la redondez de la Tierra; y por analogía supusimos igual forma en todos los cuerpos ce-



lestes. Considerando ahora esa tendencia por modo universal, y averiguando las causas que obligan á los cuerpos á separarse de ella, dimos con la razón del movimiento, y nos explicamos el modo de obrar de las fuerzas.

Esas explicaciones han sido fáciles para nosotros, porque hemos buscado las analogías en los hechos vulgares, que no por ser vulgares se han de desdeñar, sino más bien considerarlos como utilísimos instrumentos. No lo dudéis; si hemos estudiado como niños es porque así, gradualmente, nos acostumbramos á raciocinar, y ya veréis que el hombre ignorante es también niño al perseguir la verdad.

Cuando yo quería haceros comprender los movimientos simultáneos de rotación y traslación que verifica la Tierra, girando sobre sí misma y recorriendo su órbita alrededor del Sol, no encontré símil más á propósito que uno de vuestros juguetes. ¿Recordáis? — la peonza—. Ya veis cómo un juguete puede ser de suma utilidad, puesto que sirve para facilitar la ciencia á los niños.

No de otro modo han procedido los hombres ilustres de la antigüedad. Con varillas colocadas verticalmente median las proyecciones de las sombras, sirviéndoles esta base para formar sencillas proporciones con las que averiguaban alturas, y también se servían de aros para medir círculos celestes. Ya conoceréis más adelante los *gnomos* y los *astrolabios*.



Buscando hechos vulgares y sencillos os sorprendisteis al ver que un huevo no se rompe resistiendo la presión perpendicular ejercida en sus extremos, ó sea en el eje mayor; y por analogía vimos que los arcos tampoco se deshacen bajo la presión de los edificios que sustentan: el huevo, pues, suministra datos preciosos para conocer las leyes de la resistencia mecánica. Con asombro visteis un vaso lleno de agua, puesto boca abajo, sin derramarse, porque contenía al líquido frágil pedazo de papel; y recordándoos cómo ejercen presión el aire y todos los flúidos, se desvaneció el asombro. La fuerza con que el aire oprime al papel contra los bordes del vaso es mayor que el peso del agua contenida; por eso el agua no se vierte.

De intento he querido recordaros lo que habéis aprendido, para que conozcáis lo mucho que os falta que aprender ahora que vais al INSTITUTO en busca de la ciencia ordenada, con la cual ganaréis título académico.

En mis explicaciones, dadas sin orden, sin concierto, como al acaso, más he procurado ser ameno y vario en los asuntos, que seguir el rigorismo de la ciencia. Hasta ahora el *profesor* ha tenido que adaptar su enseñanza á entendimientos de niños; en adelante tenéis que someteros á la explicación general del aula, explicación ordenada y rigurosa: sí, amiguitos míos; vais á entrar formalmente en el camino de la ciencia.



La misión, pues, que tenía yo que llenar con vosotros está ya cumplida; pero antes de separarnos he querido dedicaros esta obrita, que hace tiempo os prometí, y que será el último juguete con el cual vais á despedir vuestra infancia.

Recordaréis el pez de vivos y tornasolados matices que fué por tanto tiempo objeto de nuestras observaciones; cómo medía en todos sentidos la voluminosa y transparente pecera; cómo, unas veces agitado y otras con serena calma, moviendo las aletas y la cola, recorría la cárcel de cristal llena de su elemento de vida. Os ofrecí entonces que el pez nos daría motivo para larga disertación sobre el invento antiquísimo de la nave; y ya, amiguitos míos, ha llegado el día de cumplir mi promesa.



## II

### La observación.

Sin duda, mis queridos niños, habréis oído hacer elogios de la necesidad, calificándola de ingeniosa; en efecto, bien los merece, pues, según frase vulgar, aguza los sentidos. Todo ser viviente, desde ese punto de vista, manifiesta ser ingenioso; el gato acechando al ratón para clavarle la zarpa; el raposo sorprendiendo las aves de corral; la araña cuando cae sobre la mosca, revelan tanta sagacidad, astucia y disimulo, que estaríamos á punto de concederles el don de la inteligencia humana si no supiéramos que están dotados del instinto, facultad que, para los actos de la vida material, supera á la reflexión. Con el instinto lleva en sí el bruto toda la ciencia que necesita, ciencia con la cual se procura los alimentos que le son propios; que le enseña á huir del enemigo más fuerte; que le induce á formar sociedad con sus iguales; que le indica el sitio más á propósito para la vivienda. El estudio sobre las costumbres de los animales ofrece enseñanzas útiles y recreativas: el perro enfermo nos prescribe la dieta y el reposo como medios eficaces para combatir las dolencias; la hormiga afanosa nos da lecciones de previsión; la abeja nos enseña á ser



industriosos; en suma, todos los animales nos sorprenden con la maravillosa facultad, vuélvolo á repetir, del instinto.

Sí, maravillaos; antes que el hombre supiese tomar direcciones para buscar parajes desconocidos y desde ellos regresar á su vivienda, las aves viajeras, sin saber una palabra de Geografía, atravesaban los mares y regresaban al lugar donde habían dejado sus nidos. Ya conocéis vosotros las golondrinas que, después de larga ausencia, vuelven á habitar los nidos que dejaron en los aleros de vuestra casa; ¿qué digo? ¡si habéis visto volver á la que pusisteis cinta de seda en el cuello! Conste que el instinto es facultad maravillosa, pero muy limitada, porque el bruto, una vez satisfecho, libre de toda inquietud, reposa, se mueve, se regocija; y así vive aguijoneado solamente por la necesidad de sus funciones orgánicas.

No así el hombre, amiguitos míos; que si bien necesita, lo mismo que el bruto, la satisfacción de su vida material, también siente su espíritu otras mil necesidades que no ve nunca satisfechas; y ésta es la causa de su perfectibilidad, es decir, de su marcha progresiva, por lo que ha hecho tributarios suyos á los animales y á la misma Naturaleza.

Pensad en vuestras acciones y veréis cómo la necesidad, aunque sea imaginaria, busca trazas para conseguir su objeto. Y si no, voy á recordaros una de vuestras hazañas :

Un día os sorprendí cogiendo manzanas en



el huerto; erais pequeñuelos y no podiais trepar por el tronco para asiros á las ramas de donde pendía el sabroso fruto que excitaba vuestra codicia. ¿No es verdad que más de una vez discurristeis medios é hicisteis tentativas para atrapar las seductoras manzanas? Subir al árbol fué empresa imposible para vosotros; dijéronlo vuestras manos desolladas y los trajes hechos jirones, lo que disgustó mucho á la mamá y fué causa de que vuestro padre os reprendiera severamente. Cierto que fuisteis dóciles y no tratasteis de contravenir la prohibición de subir al árbol; pero persistíais en coger la fruta. Tirabais piedras, con las que destrozabais las ramas sin dar en el blanco, y tuvisteis que abandonar también ese medio. Cogisteis después un varal, y á fuerza de sacudir despiadadamente, cayó el fruto magullado, perdiendo así lo que más os encantaba: su tersura y su belleza. ¡Ah!, pero el día que os sorprendí erais ya maestros en el oficio: tú, Juanito, tenías un pañuelo sujetado al cuello por dos puntas; tenías las otras dos cogidas con los dedos, y estabas con los brazos extendidos; tú, Carlitos, armado con el varal, en cuyo extremo habías atado un cuchillo, cortabas bonitamente el rabo de una manzana que vino á caer en el pañuelo de Juanito.

— ¡Bravo! — exclamé yo aplaudiendo vuestra industria—; aplaudí, no porque robarais manzanas á vuestro padre, sino por haber discurrido con ingenio para llevar á cabo la empresa.



Ya veis lo que acometió la necesidad, siquiera fuese de vuestro capricho; pero, en suma, la necesidad os aguzó el ingenio para que la fruta cayese bonitamente del árbol; y veis también que, antes de conseguirlo, hicisteis muchas observaciones y muchas pruebas. Pues del mismo modo han procedido y proceden los hombres para conseguir triunfos sobre la Naturaleza: observando y ensayando realizan verdaderos prodigios.

Discurriendo de este modo quizás lleguéis á comprender cómo un pedazo de madera, que flota en el agua, ha podido convertirse en la construcción más útil y más pintoresca que se debe á la industria humana. De seguro que ahora vais á contestar de plano á esta pregunta: —¿Quién ha inventado la nave? — La necesidad. — Muy bien; veo que os habéis hecho cargo de mi explicación, aplicando oportunamente el cuento de las manzanas. Y en este caso, me parece tanto más segura la respuesta cuanto que á ninguna persona en particular puede atribuirse el invento.

Más ó menos perfeccionada, encontráis la nave lo mismo en los pueblos civilizados que entre las hordas salvajes, aun de las que viven completamente separadas de todo trato de gentes; luego debemos considerar la nave como utensilio necesario; y ya sabéis que esta clase de objetos, aunque diferentes por el grado de perfección, son comunes á todos los pueblos; en todos hay habitaciones, chozas ó casas; armas, la honda ó el



fusil; hogar, ya sea formado de toscas piedras ó cocina pertrechada á manera de laboratorio.

La nave, pues, surge de la necesidad que obliga á buscar los frutos en la otra orilla del río ó á sacar abundante pesca lejos de la playa.

Como veis, hablo de pueblos primitivos ó en estado casi salvaje; y, por consecuencia, de la nave primitiva, puesto que nos remontamos á su origen.

Ahora, veamos cómo han podido verificarse las primeras observaciones y los primeros ensayos. Un arbolillo arrastrado por caudalosa avenida no puede sustentar encima del agua al hombre que pretende montar en él; pero este mismo hombre consigue su propósito si monta en tronco de árbol corpulento arrastrado también por la corriente; de esta manera desemboca en el mar: primera navegación.

Cierto; es preciso tener agilidad y sentir el ímpetu de la audacia para acometer esa empresa que, de seguro, vosotros ni siquiera hubierais intentado. Precisamente en eso aventaja el salvaje al niño civilizado, porque tiene la costumbre de arrostrar peligros y porque su cuerpo es más vigoroso.

Vosotros tenéis más inteligencia, el savaje tiene más fuerza y decisión; y de haber visto las manzanas que codiciabais, hubiera subido al árbol con la presteza propia del mono. Eso es lo que no pudisteis hacer, pero en cambio discurrísteis ingenioso artificio; esto prueba que, si á la inteli-



gencia se unen la agilidad y la audacia, seremos capaces de conseguir más preciadas victorias.

No quiero establecer comparaciones odiosas; sin embargo, voy á aventurar una opinión : un niño inteligente es el complemento de un salvaje; es decir, con ambos se podría formar un hombre tal cual útil; y no para desagraviaros, sino para ser justo, debo confesar que los niños como vosotros son superiores á los salvajes, porque la inteligencia es más fecunda que la agilidad y la audacia.

No olvidéis tampoco que en el salvaje y en nosotros hay algo que nos es común y que sirve de guía tanto á él como á nosotros. Y comprenderéis que ese algo es la razón, con la cual perfeccionamos nuestras obras; por consiguiente, el salvaje, como racional, se perfecciona, si bien con lentitud; porque no cuenta con los medios con que contamos los que vivimos en plena civilización, abundante en libros y maestros.

Pues el libro y el maestro del salvaje es la Naturaleza; su único guía la razón : cuando la necesidad le obliga á discurrir, observa y ensaya para vencer los obstáculos que encuentra. Si el discurso ó el acaso le dieron la posesión de un leño flotante, en el cual navegó por vez primera, él tratará de perfeccionarlo; y lo conseguirá, no lo dudéis, que para eso Dios le ha dotado de un alma como la nuestra y ha puesto en sus manos los materiales que necesita.



¿Quién le ayudará á vencer los obstáculos? No serán, por lo pronto, ni su agilidad ni su audacia, sino la parte más noble de su ser: el pensamiento.

Para discurrir se necesita observar, esto es, fijar la atención en todo lo que se relaciona con el asunto que preocupa al pensamiento. Pues bien: desde el punto en que el hombre comprendió la ventaja de ser transportado en un leño sobre el agua, á tenerse que servir de sus brazos y de sus piernas para nadar, empezó á observar atentamente cuanto se relacionaba con la navegación; y como vió que el pez gira en el agua moviendo las aletas natatorias, acaso esto le sugirió la idea de servirse también de sus manos, á manera de remos ó paletas, para impulsar el tronco que le sustentaba y, aunque con fatiga y lentitud, recorrer las aguas tranquilas á su voluntad.

No olvidéis, amiguitos míos, que la observación repetida, comprobando los hechos, viene á constituir la experiencia, á la que el juicio vulgar y verdadero ha proclamado madre de la ciencia.

Con efecto; observar es operación del espíritu en la que concurren todas sus facultades; es advertir con atención para tener conocimiento exacto; es examinar, teniendo en cuenta lo conocido, para deducir lo desconocido; luego saber observar es saber raciocinar, y, como comprenderéis, más sabe el que más observa y mejor observa el que más sabe. He aquí por qué, preguntado



Newton cómo había hecho sus grandes descubrimientos, contestó : — Pensando siempre en ellos.

Suponiendo ahora la escasa inteligencia del salvaje, conoceréis, mis queridos niños, las inmensas dificultades que ha tenido que vencer para atravesar sobre un tronco algunas brazas



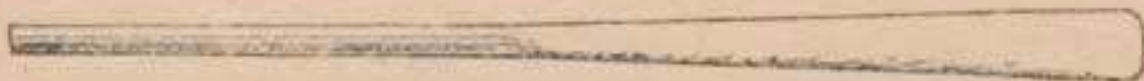
... para atravesar sobre un tronco...

del río, ó para trasladarse á cercana isla, cuya fertilidad avivaba su codicia. ¡Cuántas veces sus remos naturales lucharían rendidos sin ganar la



deseada orilla! Esto me recuerda lo difícil que fué para vosotros coger las manzanas del árbol, pues bajabais por el tronco cubiertos de sudor y con las manos ensangrentadas, sin haber logrado el objeto. Por lo mismo teniais más interés, y discurrendo trazas, vuestra inteligencia se hacía cada vez más perspicaz. No sería impropio decir que os instruiais.

Eso sucedía también á nuestro pobre salvaje; su empeño en arribar á la otra orilla avivaba la actividad de su espíritu, y cuando se convenció de la ineficacia de sus brazos, discurrió poner al



Remo moderno.

tronco brazos de madera, aletas propias para el nuevo pez.

Así, aunque de tosca manufactura, se proveyó de barca y remos para atravesar de orilla á orilla el río, ó para visitar la isla deseada, donde hallaría manzanas ú otras frutas de su gusto, que cogería subiendo á los árboles y no por industria como la que vosotros discurrísteis.



III

El padre de la civilización



Lo conozco; tendréis que hacer gran esfuerzo de imaginación para llamar nave á un tronco que no tiene forma; pero, por rudimentaria que sea, esa ha sido la primera embarcación del hombre falto de experiencia y de consejo, que no sólo desconoce el modo de aprovechar la abundancia de materiales que tiene á mano, sino que también carece de herramientas para perfeccionar su manufactura. Por eso la nave permaneció estancada durante siglos.

Amiguitos míos, repito que la marcha del progreso humano es lenta, y mucho más lenta aún en las sociedades primitivas. Es verdad que el hombre ha tenido siempre un preceptor á quien debe sus mejores lecciones; pero este preceptor — digámoslo en confianza — es algo estrafalario; enseña cuando quiere; no se sujeta á reglas ni á métodos; en una palabra, enseña sin concierto; á veces da lecciones terribles. Aun así, saludemos al preceptor como infalible maestro. ¿Maestro dije? Sí; el preceptor á quien aludo no es otro que la Naturaleza.

Tened presente esto que os voy á repetir: el niño que vive en sociedad civilizada tiene maes-



tros que enseñan ordenadamente, dando á conocer lo fácil antes que lo difícil, buscando lo desconocido por medio de lo que ya se conoce, adestrando la razón en el ejercicio utilísimo de hallar las relaciones de las cosas entre sí; en suma, esos maestros transmiten sus experiencias, y el arte del experimento, como dice Tyndall, es «arte de extrema importancia, pues por medio de él podemos en cierto modo conversar con la Naturaleza, presentándole cuestiones y recibiendo de ella respuestas, arte que ha de adquirirse solamente con la práctica». Además, esos maestros condensan en breves tratados doctrinas y conocimientos debidos al trabajo y al estudio de muchas generaciones. Considerad también que las personas doctas cuyo trato frecuentamos, nos instruyen sin darnos cuenta de ello, hasta el punto que muchas cosas que ejercitamos y otras que discurremos, creyéndonlas hijas de nuestra invención, no son más que copias ó deducciones sacadas por analogía de datos que nos suministran.

Si mis palabras no os convencen, porque siempre resistimos lo que hiere nuestro amor propio, os presentaré más de un ejemplo: ¿Sabríais clavar un clavo si no hubierais visto manejar el martillo? ¿Habríais cortado las manzanas en el árbol si no hubierais visto antes que el cuchillo sirve para cortar? ¿Sabríais reunir varias cantidades en una sola si no os hubieran enseñado con paciencia y perseverancia el valor absoluto y



relativo de las cifras, y el orden en que se colocan para llevar las unidades superiores á sus respectivas columnas?

Nada, pues, tiene de extraño que niños como vosotros aprendan en poco tiempo lo que nunca podrá saber el hombre que no cuenta con más medios que los de su propia observación, ni tiene otro maestro que la Naturaleza.

Entonces no escatiméis el aplauso al pobre salvaje que ha ideado trazas para que tosco leño le sirva de transporte, impulsándole con dos robustos palos, los cuales son el fundamento práctico de la mecánica; sí, porque los remos son palancas artificiales con las que el hombre ha ido ensayando el modo de favorecer la potencia para vencer resistencias, de suerte que consideraba los remos como prolongación de sus brazos, brazos ya de gigante, robustos y poderosos.

Pero, repito, esa grosera embarcación hubiera permanecido estancada si el hombre no hubiese sacado aplicaciones provechosas de un fenómeno terrible.

El rayo que al desprenderse de cargada nube tronchó el árbol é incendió la rama, dejaría, mis queridos niños, no sólo sorprendidos, sino atónitos y trémulos á los que vieron por primera vez ese imponente espectáculo. Vosotros ya sabéis que el rayo es la chispa determinada por el choque de dos corrientes eléctricas contrarias, positiva y negativa, y estáis habituados á ver



en las cúpulas de nuestras artísticas catedrales, y hasta en las modestas torres de las iglesias de aldea, el pararrayos, genial invento de Franklin, que atrae la chispa á la bolita de platino colocada



Pararrayos Franklin.

en la parte superior de la varilla, para descargar la electricidad en la tierra, evitando en toda su esfera de acción esa obra destructora de las tempestades. Pero ¡qué horrible idea no formaría el hombre primitivo del voraz elemento determinado por el rayo, que con sus llamas, á manera de brazos rojos, iba envolviendo el bosque y levantando inmensas columnas de

humo! ¡Qué tristeza después no le causaría ver convertida en cenizas aquella población de madera donde se albergaba tanta variedad de bestias útiles y de alimañas, tanta profusión de pájaros y de insectos! Si tal desgracia ocurre hoy al labrador que á costa de años y de fatigas consigue ver su monte poblado, de seguro vuestros corazones se enternecerían. Pruebas tenéis dadas, como buenos cristianos, de no ser insensibles á las desgracias ajenas; pero, amiguitos míos, no os con-



sentiré ni el menor movimiento de conmiseración por el incendio que ha producido el rayo en ese bosque prehistórico. ¡Cómo habíamos de deplorar la lección más sabia que ha dado al hombre la Naturaleza! ¿Os extraña lo que digo? Pues yo espero que de esa inmensa catástrofe han de surgir accidentes de aplicación utilísima y han de resultar substancias que darán á la industria medios poderosos para realizar las empresas más atrevidas.

Raciocinemos por oposición : si hoy podemos comprender lo que sería nuestra sociedad si le faltase el fuego, podremos discurrir acerca del estado de las sociedades primitivas antes que el hombre sometiese el fuego á su yugo. No cabe dudar que el fuego empezó por mejorar la situación del hombre, puesto que condimentando los alimentos hizolos más digeribles, y puede así el estómago desempeñar su función con menos molestias y en menos tiempo, con lo cual el cerebro quedó más libre para ejercer su acción inteligente. Ved por qué medio tan sencillo empieza á ennoblecerse la especie humana : el fuego rebaja la parte animal para engrandecer la racional.

Figuraos ahora el rigor de una noche lluviosa, aun en los climas templados, y decidme si no es el fuego el que reanima los miembros entumecidos, el que hace conciliar el sueño, el que da vigor al cuerpo y, por consiguiente, más energía al espíritu; así el fuego, modificando en el hogar



las inclemencias del clima, hace habitable cualquier zona de la Tierra. El fuego equilibra la temperatura atmosférica de los círculos polares con la línea del Ecuador. Para extenderse el género humano por la Tierra necesitó conocer el secreto de la combustión. Por último, el fuego, que es calor y luz, ha disipado las tinieblas formando día artificial para aumentar las horas de trabajo y hacer agradables las veladas de la familia.

Aun cuando el fuego no hubiera proporcionado más que esos beneficios — y son infinitos los que se pueden enumerar —, bastan para considerarlo como agente civilizador de la especie humana; así la razón lo dicta, la Historia lo refiere y la fábula mitológica lo fantasea.

Ahora comprenderéis, amiguitos míos, el papel importantísimo que desempeña el fuego en las sociedades, y por qué los primeros hombres, después de haber pasado, digámoslo así, el susto que les causó el incendio, conocieron su importancia y trataron de conservar el fuego, alimentándole con ramas secas, y que llegara hasta ser objeto de culto sagrado.

Si yo no temiera aburrirlos con nombres que os desagradan, os diría que aun nosotros, viviendo en plena civilización, encontraríamos en el incendio de ese bosque accidentes muy curiosos para el estudio que nos proponemos, y hallaríamos también materia para aprender un curso completo de Química.



Es claro; en la combustión de ese bosque, las sustancias animales, vegetales y minerales se han descompuesto y combinado de tal modo, que resultan sustancias diferentes; unas que se elevan por ser menos densas que el aire, otras que permanecen en tierra á causa de su mayor densidad. La combustión nos ha dado á conocer el gas nitrógeno procedente del aire, el gas ácido carbónico, resultado de la combinación del oxígeno con el carbón, el óxido de carbón, que comunica á la llama tinte ligeramente azulado, y el vapor de agua procedente de los líquidos que contienen los vegetales. En el residuo de la combustión encontramos las cenizas, que son sustancias que las plantas han tomado del suelo durante la vegetación: la potasa, la litina, la sosa, la rubidina, la magnesia..., y encontramos también los protóxidos de hierro y de manganeso formando sales con los ácidos fosfórico, sulfúrico y silícico; y por último el cloro, el bromo, el fluor y el ácido carbónico.

No prosigamos: el estudio que acabo de bosquejar no es propio para niños que apenas han pisado los umbrales de la ciencia. Tenéis razón, no prosigamos; pero comprended que para familiarizarse con las personas y con las cosas es preciso cultivar su trato, y puesto que más adelante, en vuestros estudios serios, tendréis que estrechar relaciones con esos señores que os indigestan, dispensadme que os los haya presentado.



En resumen : del incendio de ese bosque nos han quedado cenizas compuestas de las diferentes substancias que os he indicado : unas procedentes del reino vegetal, otras del mineral; y para que veáis que ni aun las cenizas son despreciables, os contaré el origen del vidrio, descubrimiento muy anterior á la Era Cristiana.

Me parece que lo refiere Plinio: unos mercaderes fenicios, al encender lumbre en la orilla de un río para cocer sus alimentos, hicieron las trébedes con raíces que estaban cubiertas de arena, la cual, fundiéndose y mezclándose con las substancias de las raíces, corría como arroyuelo inflamado, que al enfriarse se convirtió en materia dura, compacta y transparente : ese fenómeno produjo admiración.

Con efecto, el cristal se compone de la sílice, arena combinada con la potasa ó la sosa; y se fabrica moliendo juntas estas materias y someténdolas á la acción de calor intenso por espacio de muchas horas.

Ved, mis queridos niños, cómo es posible encontrar cristalizaciones en los residuos del incendio de nuestro bosque primitivo; y para que veáis también que por analogía se deducen resultados muy provechosos, os contaré una anécdota — hecho histórico — digna por cierto de mejor fortuna para el hombre ilustre que acometió la empresa.

Leyó el gran Balzac en uno de los historia-



dores clásicos que los romanos explotaron en la isla de Sicilia minas muy abundantes en plata; y como Balzac, además de ser literato, era hombre versado en ciencias y en artes, pensó que allí deberían existir grandes aglomeraciones de escorias, residuos de la fundición; sabía también que en aquellos tiempos no se depuraban, como hoy, las escorias para extraer los restos de ese metal precioso. Consecuencia : aquellos residuos contenían mucha plata, y esto era cosa fácil de averiguar copelando allí mismo las escorias. Embarca Balzac en Marsella; durante la travesía manifiesta al capitán el objeto de su viaje, y en la isla de Sicilia, después de verificar los ensayos, calcula que las escorias dan rendimiento suficiente para constituir una riqueza argentífera. Hace la denuncia desde Francia al Gobierno de las Dos Sicilias, y solicita le autorice para la explotación. ¡Buen negocio, si no fuera porque el capitán del buque cometió la felonía de anticiparse á Balzac en pedir la autorización!. Esta fué la contestación oficial que se dió al hombre ilustre.

Supongo que habréis aprendido algo en la anécdota, mis queridos niños; porque importa saber que si es útil beneficiar las escorias, no lo es menos guardar con la mayor reserva aquello que puede despertar la codicia ajena : el mundo, amiguitos míos, está lleno de escorias y de felones.

Vamos á entregar ese metal precioso á la dispu-



ta de los hombres, y continuemos con los residuos del incendio de nuestro bosque primitivo. Dije que era fácil encontrar cristalizaciones y no plata; pero si no ese metal, que por precioso que sea, maldita la falta que hace á nuestro propósito, de seguro se encontraría otro más útil por su dureza y consistencia, metal sin el que no habría podido nunca el hombre allanar el camino del progreso.

Hablo del hierro, duro, compacto, tenaz; materia abundantísima que se encuentra en todas las regiones del globo, que se combina con todas las substancias para fortificar todos los organismos, ocultándose en imperceptibles átomos: las grandes masas existen en el seno de la Tierra, y el hombre primitivo aún no la había profundizado; pero de la misma manera y por el siniestro feliz, el fuego, que nos ha dado á conocer el cristal, ha fundido también las partes imperceptibles del hierro y, juntándolas, formó entre las cenizas masas de ese mineral preciado.

Insistamos todavía: sin el fuego, jamás habría salido el hombre del estado primitivo, porque sin el fuego el trabajo estaría aún en su infancia. Si fuera este lugar á propósito entonaríamos canto épico en loor de aquel que, sorprendiendo la chispa producida por el choque del hierro y el pedernal, tuvo el rayo á su disposición para producir á su antojo el fuego, el fuego tan necesario para la vida animal como para la vida de la inte-



ligencia. Más primitivo aún es el sistema de hacer fuego frotando, en forma de cruz, dos palos secos; procedimiento seguido por los indios de América cuando Colón descubrió, en 1492, aquel inmenso continente.

Sometidos el fuego y el hierro á su yugo, empieza el hombre á manifestarse como rey de la Creación; porque su choza es más cómoda y más confortable, su reposo más seguro, su actividad más provechosa; ya tiene armas para la caza y para la guerra, y usa poderosos instrumentos para labrar los campos; ya se auxilia con herramientas de peso y de corte para bosquejar la nascente industria; sí, porque ya puede labrar la madera, la piedra y los metales nativos que antes del hierro conocía.

Durante su peregrinación por la Tierra, es el trabajo, amiguitos míos, el que mejora la triste condición del hombre; porque el trabajo, como ley de castigo impuesta por Dios, lleva en sí el sello de la misericordia infinita. Por eso el trabajo es fuente de nobles y santas virtudes; y lo debemos amar, como bendecido por Dios en premio á la obediencia del hombre. Ya sabéis que es bien todo lo que procede de Dios: el trabajo, pues, impuesto como castigo, lava la culpa, dignifica y enaltece; lleva en sí la recompensa, porque, siendo aceptable á Dios, es beneficioso para el bienestar de los hombres.



## IV

### La industria.

No es extraño, repito, que á vosotros, acostumbrados á ver la nave ya perfeccionada, os parezca grosera la que usa el hombre en estado primitivo. Á mí también me lo parece, y además muy incompleta. Y no vayáis á creer que sea necesario remontarnos á tiempos prehistóricos para hallar la nave primitiva; hoy mismo la encontramos en las islas apartadas, donde el salvaje, resistiendo toda civilización, nada aprende ni del navegante que arriba á esas playas inhospitalarias, ni del misionero que hace el sacrificio de su vida para instruirle.

Esa canoa, sin embargo, tan deficiente como la vemos, ha sufrido modificaciones importantes; ya no es el tronco arrojado al azar, sino botado al agua después de ahuecarle y haberle dado simétrica figura, operación difícilísima para quien no tiene á mano ninguna herramienta ni conoce el uso del hierro.

¿Comprendéis vosotros cómo, por grosera que sea esa nave rudimentaria, haya podido fabricarse sin ninguna herramienta propia del carpintero ó del leñador? Derribar un árbol, aun de los más corpulentos, será cuestión de paciencia; pero al



fin es practicable. Puede que se os ocurriera á vosotros si en tal empresa pusierais gran empeño; porque, dada esa situación, se le ocurriría á hombres desprovistos de instrucción y de herramientas. Bastaría para llevar á cabo esa operación socavar la tierra, dejar al descubierto las raíces y empujar el tronco.

Pero, suponiendo que ya está el árbol rendido, ¿cómo se corta en trozos? ¿Cómo se les ahueca y se les da forma? Esto no se os ocurre ni es fácil que dierais en ello, aunque yo me atrevería á apostar que si la necesidad os apremiase, también conseguiríais ejecutar esas operaciones, sirviéndoos de la misma herramienta de que se sirve el necesitado salvaje; herramienta que, aunque ni pincha ni corta, desgasta rápidamente la madera, es decir, la consume.

El fuego, amiguitos míos, el fuego es la herramienta poderosa que ha servido al hombre antes que conociese el uso de los metales; y hablo del fuego como herramienta universal que demanda algún ingenio para aplicarla. Con el fuego se consigue dar curvatura á las maderas, y con el fuego se trabajan los metales. Pues bien: el hombre primitivo se sirve del duro pedernal y del fuego para dar al tronco simétrica figura y para ahuecarlo convenientemente.

Paréceme que os veo confusos sin atinar cómo el fuego puede servir de herramienta. Para que lo comprendáis, nos trasladaremos en imaginación



á la ranchería donde tiene su taller el salvaje.

Ved tendido el cedro ó el sicomoro, que miden treinta ó cuarenta metros de longitud; fácil es ahora separar las ramas delgadas con el duro pedernal afilado que usa á manera de hacha; supongamos que con este procedimiento el tronco queda completamente desnudo. No me digáis que el hacha de piedra también le cortaría en pedazos; lo posible no es siempre lo hacedero. Un tronco de dos metros de diámetro que quisiéramos cortar de ese modo consumiría tantas hachas, costaría tanta fatiga y, sobre todo, se tardaría tanto tiempo en la operación, que nos veríamos precisados á desistir de tal empresa; quiero decir, el salvaje no tendría barca á tanta costa.

Veamos cómo trabaja :

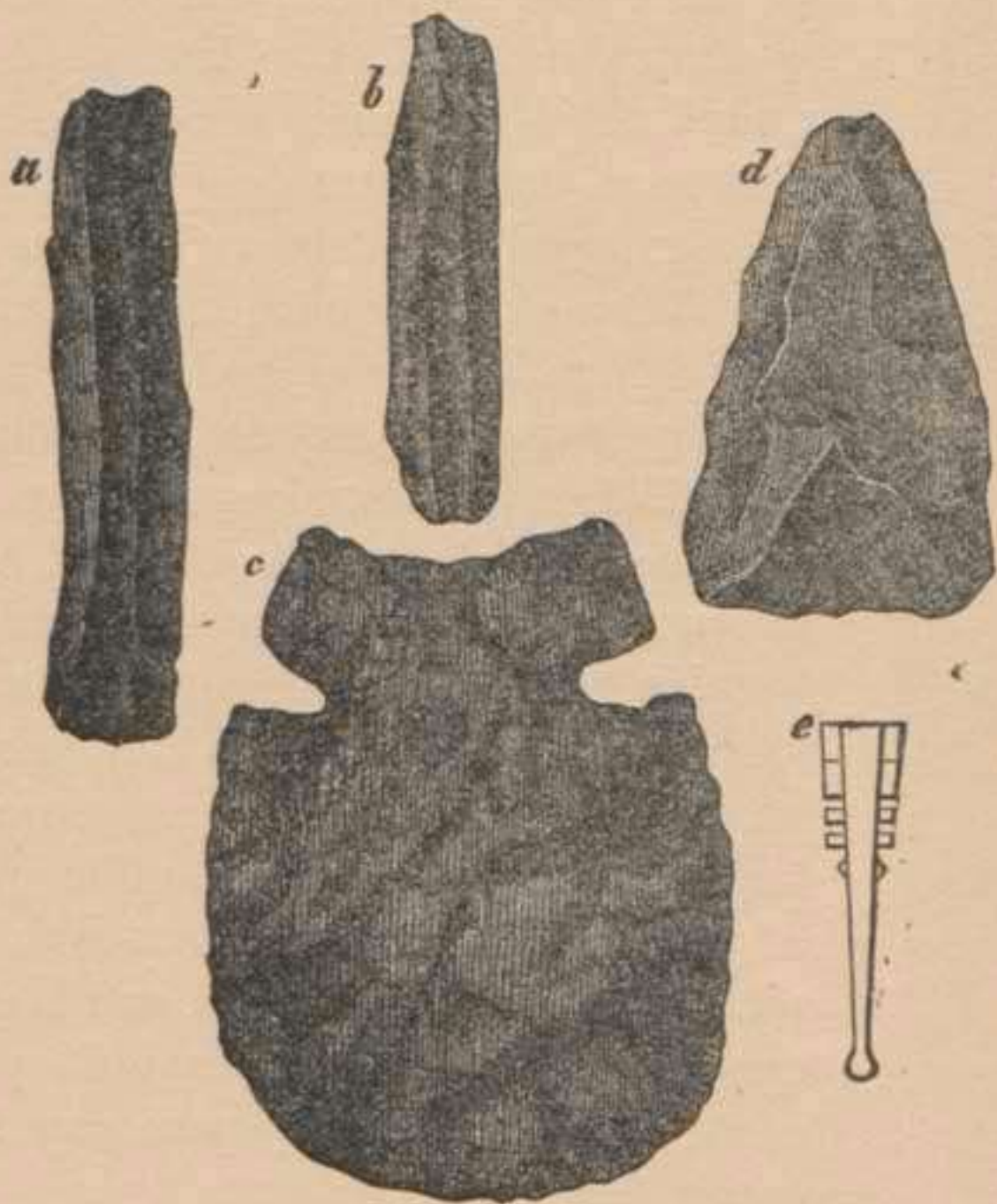
Sin atender á la economía del material que los bosques vírgenes le suministran en abundancia, ¿qué le importa consumir un cedro para obtener su canoa?, sólo se ocupa en separar de la longitud del tronco una parte, la más sana y más robusta, que mida cinco ó seis metros; para conseguirlo, enciende dos hogueras que van carbonizando el leño, y así el hacha lo hiende con suma facilidad hasta separar el trozo que ha de convertirse en canoa.

¿Veis cómo el fuego hace oficio de herramienta?

Hoy todavía en la construcción de los toneles se usa ese elemento devorador, con el que se consigue encorvar las duelas. El industrial no



desecha, siempre que sean útiles, los procedimientos primitivos. Ciertamente que con la sierra se hubiera practicado más fácilmente la operación de cortar el tronco; esa operación se habría terminado en menos tiempo y con gran economía



Herramientas primitivas de piedra.

de material; pero, repito, así trabaja quien ignora el uso del hierro, propio de países que ya tienen un poquito de cultura.



El salvaje no tiene á su disposición, para construir la canoa, más que la primera materia, esto

es, el árbol; ni más útiles que el fuego y los pedruscos; no conseguirá, por lo tanto, que su obra sea para nosotros modelo de perfección; sin embargo, continuad mirando con los ojos de la imaginación, y veréis que busca trazas para dar figura propia al tosco leño separado del tronco; porque, á medida que le carboniza ó le tuesta, va desgastándole con el pedernal hasta conseguir que los extremos terminen en afiladas aristas; después hace la misma operación en los costados, hasta que la parte inferior del madero termine también en arista en toda su longitud; por último, usando el mismo procedimiento, con el fuego y con el hacha de piedra va ahuecándole, y así aligera notablemente su peso sin que pierda la solidez necesaria, con lo cual queda practicada la concavidad para contener al tripulante y para soportar carga.



Canoa de los salvajes.

La forma que ha resultado de esa construcción — ya la veis — se asemeja así como á media cáscara de nuez prolongada; pero hay que tener presente, amiguitos míos, que esa construcción, aunque tosca é imperfecta, tiene



ya la base á la que en lo sucesivo habrán de someterse todas las construcciones de la nave.

Quiero que os fijéis, por ahora, solamente en la figura de esa enorme cáscara de nuez á tanta costa conseguida.

¿Qué observáis en su conjunto? La figura no tiene semejanza con la que os ha dado á conocer la Geometría. Por cualquier parte que miréis esa figura, no encontráis líneas que formen ni el cuadrado, ni el rectángulo, ni el rombo, ni el romboide, ni el círculo; y, sin embargo, en el conjunto habéis advertido cierta regularidad, ¿no es eso? Pues observad bien, y decidme en qué consiste esa *cierta regularidad*.

Paréceme que esta vez tampoco vais á darme contestación categórica, por más que hayáis dado en el *quid*.

La cuestión queda reducida á decir la palabra que expresa la idea con exactitud. Fijad la atención en la figura de los animales, sobre todo en la del hombre; cierto que tampoco en esas figuras se encuentran las condiciones geométricas de que hemos hablado; y, sin embargo, también están dentro de lo que llamasteis regularidad. Y si no, ¿diríais lo mismo, buscando la excepción, de un hombre cojo, manco ó contrahecho? ¿No? Pues entonces, observando con más atención todavía para hacer mejor análisis, veremos que la regularidad de la figura humana, por ejemplo, consiste en tener dos brazos y dos piernas igua-



les; la cabeza, compuesta de dos partes iguales, y el tronco, que presenta dos lados también iguales; en una palabra, que todo el conjunto se compone de partes dos á dos iguales, de manera que, dividido él por línea vertical, se ven dos partes iguales : simetría.

Ya sabíais vosotros que esa disposición de las figuras se llama *simetría*; esa es la palabra propia de la idea que queríais expresar; pero ha sido necesario hacer análisis de relación para encontrar el vocablo.

Un poco largo ha sido el rodeo, pero volvemos al punto de partida mejor informados para discutir acerca de nuestra nave. Observando ahora el conjunto, y detallando sus partes, nos convencemos prácticamente de que la figura es simétrica, porque si tiráramos una recta tomando los dos extremos de su longitud y sobre esta línea hiciéramos caer un plano vertical, quedaría la canoa dividida en dos partes iguales que, superpuestas, coincidirían.

Notad ahora que el casco, desde la parte inferior á la superior, es decir, desde la quilla al borde que sobresale del agua, tiene por base la línea recta; que son curvas irregulares todas las líneas que en ambos costados forman ángulos iguales con la quilla; que los dos extremos del casco terminan también en ángulos iguales, compuestos de líneas igualmente curvas irregulares; por lo cual resulta simétrico el conjunto, siendo



siempre iguales en tamaño y en curvatura cada dos líneas opuestas que, partiendo de la quilla, vienen á terminar en el borde, é iguales también en tamaño y curvatura cada dos líneas opuestas que, partiendo de la popa, vienen á terminar en la proa.

Ya tenéis la condición esencial á que debe estar sujeta la construcción de la nave. Y ahora, considerando la madera como cuerpo formado de materia homogénea, resultan dos hechos que se corresponden: la simetría y el equilibrio, ideas generadoras de la Geometría y de la Mecánica, que se pusieron desde un principio al servicio de la navegación.

Como veis, la condición de la simetría, aplicada á la nave, la impuso la Naturaleza determinando el equilibrio; así la nave permanece sobre el agua en la misma posición.

No lo dudéis, amiguitos míos; posesionado el hombre de un vehículo tan útil, puso en él toda su inteligencia; trabajó para perfeccionarle, y el informe tronco se convierte en instrumento para cortar masas de agua. Con efecto, cuando el hombre era ya leñador, aprendió en la práctica una teoría muy sencilla: tratando de desgajar el árbol con el hacha de piedra, vió que con el canto rodado sólo trituraba las fibras de la madera; pero si empleaba piedra angulosa, hacía el corte fácilmente, con menos trabajo y en menos tiempo.

Me parece que os reís maliciosamente consi-



derándome perdido en la confusión de mis ideas, porque pretendiendo yo explicaros el modo de abrirse paso la nave en el agua, os doy una lección de corta como primitivo leñador. Paciencia, amiguitos míos; ya veréis que existe mucha analogía entre el filo del pedernal que corta la madera y el filo de la madera que corta ó separa el agua. Comprendisteis, sin duda, porque me habéis hecho gracia de la ironía; mas por si acaso habéis comprendido á medias, seguiremos las observaciones naturales de la experiencia.

Meted la mano abierta en un barreño lleno de agua y cortad con la palma trazando el diámetro; seguidamente ejecutad la misma operación poniendo la mano de canto. ¿Que habéis observado? Que se emplea menos esfuerzo en la segunda operación. Claro es; empujando con la palma, que presenta mayor superficie que cuando dirigís la mano de canto, tenéis que vencer mayor resistencia, que opone mayor cantidad de agua. Ahora comprendéis claramente por qué terminan en ángulos muy agudos los extremos de la nave que han de luchar con el agua. Como que la nave, amiguitos míos, considerada como instrumento, es cuchillo afilado para cortar el agua.

Os recomiendo mucho que busquéis las analogías de las cosas entre sí, porque eso es de gran aplicación; á esas analogías se deben las grandes obras del progreso humano.



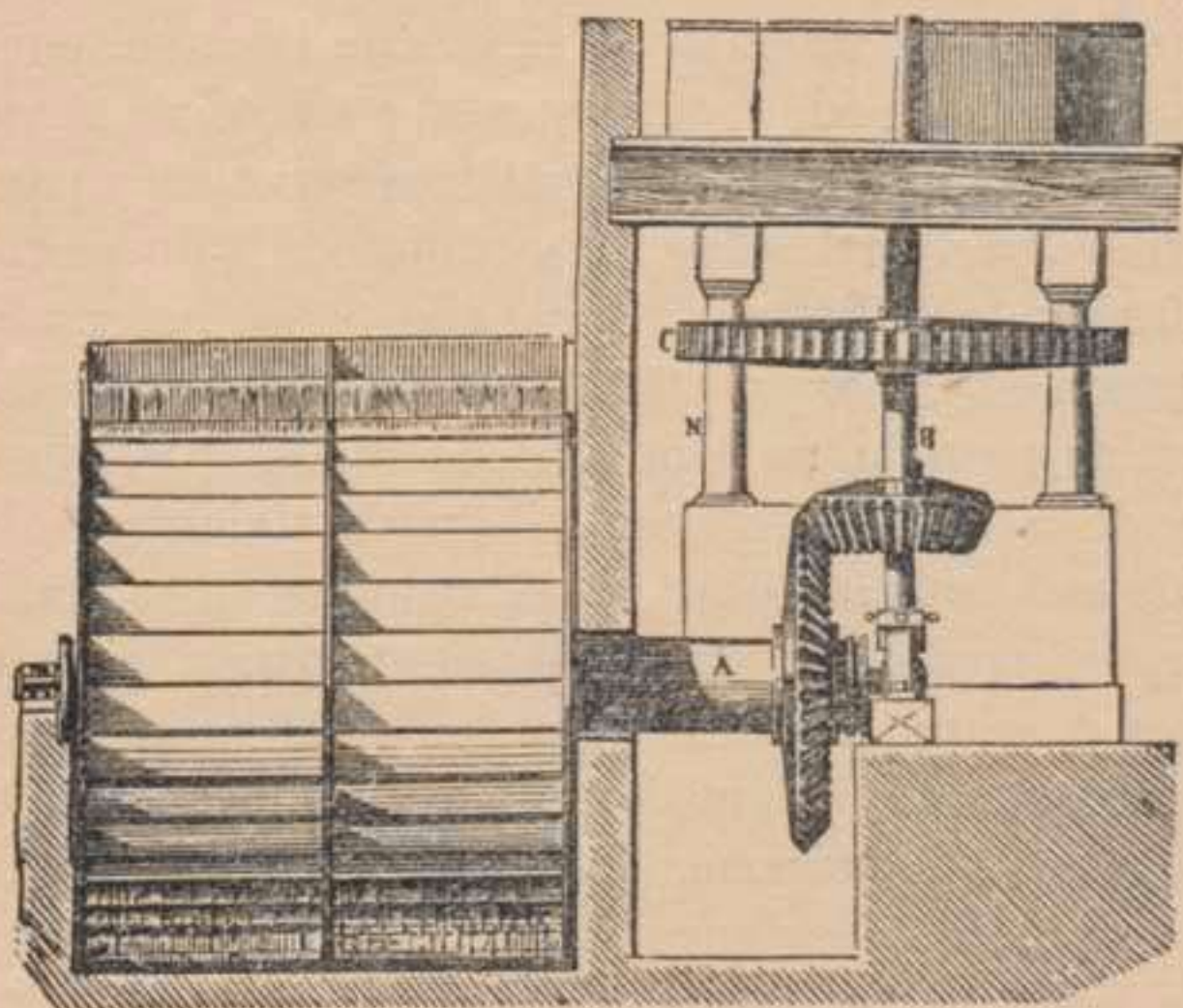
Ya lo veis; sólo con atender á las indicaciones de la Naturaleza, el hombre labró el tronco del árbol, convirtiéndole en instrumento para cortar el agua; y aun hoy, muy propiamente, se llama *tajamar* el filo en que termina la proa de la embarcación; obedeciendo siempre á la Naturaleza, hizo también simétrica la figura de la nave, porque sólo así podía conservar la posición *á plomo* necesaria para resistir impetuosos vaivenes y para evitar que zozobrase; por último, Naturaleza, ofreciendo la figura del pez, enseñaba las condiciones de un *arquetipo* al que debían ceñirse las reglas para la navegación; de modo que, ajustando la obra de madera á la nave viviente, ó, lo que es lo mismo, imitándola, resultase el vehículo propio por su tersura, por sus ángulos, por su forma, para vencer la resistencia del agua al ponerse en movimiento y para permanecer á flote conservando su posición. La Naturaleza, amiguitos míos, da lecciones prácticas de Geometría y de Mecánica; el raciocinio deduce de los hechos comprobados por la experiencia leyes invariables; de ese modo el hombre ha ido formando las ciencias.

Las ciencias de aplicación, amiguitos míos, ciencias que concurren á formarlas el discurso del pensamiento y el ejercicio constante de las manos, comprobando así lo verdadero ó falso de la teoría, esas ciencias, repito, de inmediata utilidad, son las que han engrandecido al hombre, el



cual se aprovecha de los bienes dados gratuitamente por el Creador, por el Creador que se manifiesta misericordioso y benéfico hasta en el castigo.

Benedicid, mis queridos niños, la próspera lar-

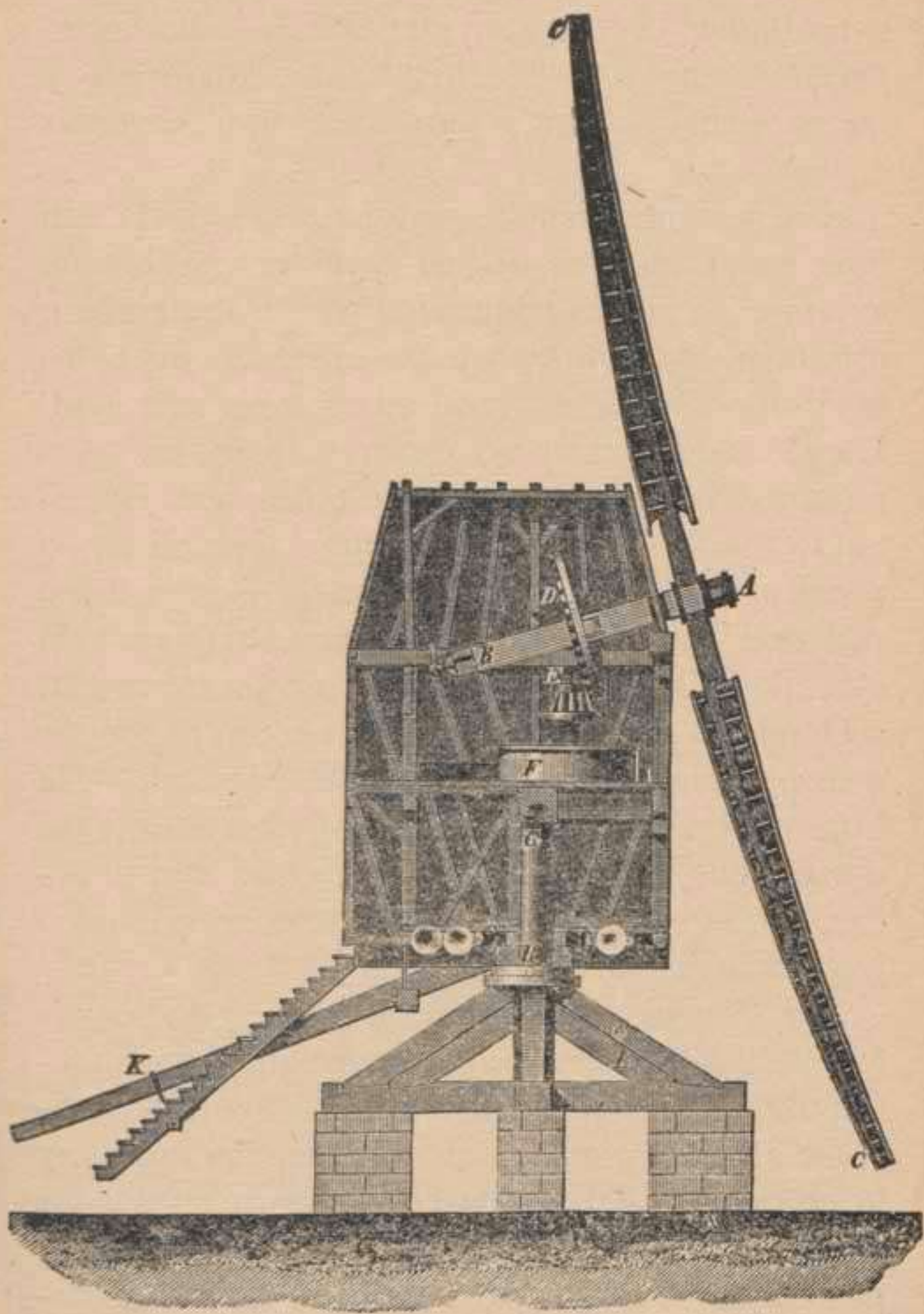


Un salto de agua puso en movimiento la tosca maquinaria...

ganza del Señor; amad el trabajo que nos levanta del polvo de nuestra propia miseria.

El trabajo tiene, como veis, su recompensa inmediata mejorando la condición del hombre sobre la tierra; el trabajo ha convertido los eriales en campos fértiles; con el trabajo se desaguan los pantanos insalubres para hacer frondosos





... la hoja movida por el aire...



huertos; trabajando se han puesto diques al mar avasallador; la constancia en el trabajo ha hecho variar el curso de los ríos; los ha canalizado y ha construído puentes para unir sus apartadas orillas.

Esa naciente ciencia, embrionaria todavía, sin fijar sus principios ni sus corolarios, sólo con exponer las reglas adquiridas por la observación primitiva, abrió al trabajador estudioso dilatados horizontes donde esparcir su afanosa actividad. Un salto de agua puso en movimiento la tosca maquinaria del primer molino; después, levantando muros de contención, vino á substituir la presa al salto natural de la cascada — y ya como poderosísima y económica fuerza motriz para toda clase de aplicaciones; fuerza motriz que la ciencia, andando el tiempo, os enseñará cómo puede ser transportada, conducida, adonde se quiera —; la hoja movida por el aire dió también idea para aprovechar la fuerza de las corrientes atmosféricas, y el aspa del molino pudo mover con facilidad la pesada muela.

Esa ciencia, embrionaria todavía, estudió por tanteo la solidez de las construcciones; puso tornapuntas ó riestras para sostener los pies derechos; abrió cimientos para afirmar los muros, y la choza y la cabaña se convirtieron en sólidos edificios; reforzó los estribos de los puentes, y puso tajamares fijos para cortar el ímpetu asolador del agua.



V

La Mecánica.



Viendo labrar ese tronco que, botado al agua, resultó con las condiciones esenciales para llenar el objeto á que se le destinaba, es decir, estudiando la construcción de esa nave primitiva, habéis comprendido que el hombre, aun en estado salvaje, tiene noción de la ciencia.

Con efecto, si esa tosca manufactura resuelve un problema, supone que quien la ejecuta es un artífice inteligente, cuyo pensamiento ha obedecido á leyes de la Mecánica, aun cuando no supiera darse cuenta de ello.

Vais observando que todas las experiencias se verifican sobre hechos muy sencillos; y esas experiencias han bastado, es verdad, para que el primitivo constructor de la nave realizara el plan que combinó en su pensamiento: vió que la madera permanecía á flote y que la piedra se sumergía; pues con estas observaciones, repetidas y comprobadas, adquirió, aunque por manera confusa, la noción del peso de las diferentes materias, así como la idea de la mayor ó menor densidad de los cuerpos; y digo que la noción y la idea eran confusas, porque no tenía, como nosotros tenemos, tipo para medir con exactitud las relaciones



entre el peso y el volumen, por cuyo medio nosotros conocemos las densidades.

El primitivo mecánico sólo había aprendido que un cuerpo que se sumerge pesa más que un cuerpo que flota : luego el agua le servía de medio para conocer la densidad de los cuerpos. ¿Y qué hace un cuerpo al sumergirse? Ir desalojando un volumen de agua igual al suyo: esto hace el cuerpo que se sumerge, porque pesa más que su mismo volumen de agua; y esta misma operación es la que verifica en la atmósfera, desalojando, al caer, igual volumen de aire.

Ya trataremos de las densidades con relación á la atmósfera. Ahora estamos en la superficie del agua; y repito que si los primeros mecánicos no sabían formular con exactitud la relación entre el volumen y el peso, la apreciaban experimentalmente al ver que los cuerpos flotaban ó se sumergían; y en estas observaciones tendrían que fundarse los principios de la naciente ciencia, cuyas fórmulas participarían también de la sencillez de la expresión, diciendo : — Cuerpos más pesados que el agua, cuerpos más ligeros que el agua.

También deberían fijar su atención, como os invito á que prestéis la vuestra, en otro hecho muy sencillo, pero contrario : en el de subir á la superficie el trozo de madera que se coloca en el fondo. ¿Por qué sube en cuanto se le abandona? Fijaos en que, al parecer, esa acción de subir se verifica contra la ley de gravedad, y



fijaos también en que así como antes hemos visto que al sumergirse la piedra va desalojando igual volumen de agua, del mismo modo el agua va desalojando al trozo de madera; es decir, le empuja hasta que, al llegar á la superficie, no deja dentro del líquido más volumen que el volumen de agua cuyo peso es igual al del trozo de madera.

Es una ley general: todo cuerpo más ligero que el agua, si, en virtud de una fuerza que le auxilie, permanece en el fondo, es rechazado á la superficie inmediatamente que le abandona esa fuerza.

Poned una masa de aire en el fondo: veréis cómo es rechazada en cuanto la abandonéis. — ¡Qué!, ¿os habéis sorprendido? ¿No atináis cómo se puede colocar esa masa de aire dentro del agua? Pues, ¡si es la cosa más sencilla! Traed un vaso sin agua. ¿Vacío? Sin agua... ese es el error: el vaso no está vacío; está completamente lleno de aire. Nada; así lo pongáis boca arriba ó boca abajo, el vaso está lleno de aire.

Vamos á la prueba: puesto así el vaso, boca abajo, lo metemos en esta voluminosa pecera, que está casi llena de agua. ¿Lo veis? El vaso está en el fondo y no ha entrado en él ni una sola gota de agua — como que el vaso está lleno de aire—; el espacio que ocupa un cuerpo no lo ocupa otro á la vez; ésta es una ley que en Física se denomina la impenetrabilidad de los cuerpos.



Inclinad ahora el vaso : gló... gló... gló...  
¿Oís? Es el ruido que se produce al ir desalojando el agua ese volumen de aire que el vaso contenía. El aire ha sido empujado por el agua hasta echarlo completamente fuera : esa masa de aire ha ido á formar parte de la atmósfera, ha ido á ocupar el lugar que le corresponde.

Este es el *a b c* del arte del experimento.

Procedamos á otra prueba. Aquí tenemos otro vaso con un agujerito casi imperceptible en el fondo ; con este vaso vamos á observar el mismo fenómeno, esto es, que el agua desaloja la masa de aire, pero sin producir ahora ese ruido *gló... gló... gló...* Introduciremos el vaso, boca abajo, en el agua, del mismo modo que el anterior, pero tapando con un dedo el agujerito. Quitad ya el dedo. ¿Veis las burbujas que suben desde el agujerito hasta la superficie? Es el aire que, empujado ahora más lentamente por el agua, va subiendo en pequeñas partes. Como que el agujerito no le permite al agua que penetre en el vaso sino en partes también pequeñas. Mirad cómo sube el agua ocupando la parte de aire que desaloja : ahora el agua hace oficio de émbolo : ya veis que va subiendo hasta llenar el vaso, porque ya no queda en él ni una partícula de aire.

Si el vaso estuviera vacío, se verificaría un fenómeno muy diferente. Entendedlo bien : el vaso vacío, sin agua, sin aire, sin ningún otro



cuerpo; vacío, como el que se produce en la máquina *neumática*. Entonces al introducir el vaso, boca abajo, en el agua, ésta subiría inmediatamente á ocupar ese vacío. Podemos hacer una comprobación indirecta :

—Vamos á sacar de la pecera el vaso que está en el fondo; ese vaso lleno de agua, porque fué desalojado el aire que contenía. Vamos á ir sacándolo, así, boca abajo, fuera de la superficie hasta que no quede dentro del agua más que una pequeña parte del vaso. ¿Veis? Ahora no sale del vaso ni siquiera una gota de agua. Si saliera agua se formaría el vacío, y esto no lo consiente de buen grado Naturaleza. El vaso, en estas circunstancias en que lo colocamos, ha de estar siempre lleno de aire ó de agua.

Tomemos ese vaso que tiene un agujerito en el fondo : tapemos con cera el orificio, y hagamos esa misma prueba de, siempre puesto boca abajo, irlo sacando de la pecera. Bien : ya no queda dentro del agua más que una pequeña parte del vaso : algunos milímetros de los bordes. Quitemos ya el tapón del agujerito. ¿Veis? Empieza á bajar el agua. ¿Por qué? Porque la empuja el aire —la atmósfera—. En este caso el agua baja también lentamente, porque el agujerito no permite al aire, á la atmósfera, que entre en el vaso sino en partes pequeñas. Ahora el aire atmosférico hace oficio de émbolo.

Si metemos en el agua el pico de una jeringa,



al retirar el émbolo vamos haciendo el vacío de aire, vacío que inmediatamente va ocupando el agua. La función de las bombas aspirantes está fundada en ese hecho.

Vosotros sabéis por qué se verifican esos fenómenos.

¿Olvidasteis que las masas de fluido, el agua y el aire, gravitando hacia el centro de la Tierra, comprimen sus moléculas? Esa, amiguitos míos, es la presión que ejercen las masas de fluido — presión igual en todos los puntos de la masa, según el principio, que con el tiempo estudiaréis, llamado de Pascal, uno de los fundamentos de toda la hidrostática —; si sube el trozo de madera y los cuerpos menos pesados que el agua, es porque la presión del agua, al obrar en todos sentidos, los empuja á la superficie, y la misma presión ejerce sobre los cuerpos más pesados; prueba de ello es que la piedra sumergida pesa menos que fuera del agua; y puesto que sabéis que el trozo de madera flotante deja dentro del líquido un volumen cuyo peso es igual al del volumen del agua desalojada, debemos deducir por analogía que el peso de la piedra dentro del agua ha disminuído en todo lo que pesa el volumen del líquido igual al de la piedra: el peso diferencial es lo que le obliga á permanecer en el fondo. Ya hablamos de esto cuando os sorprendisteis al ver la facilidad con que los buzos suben á la superficie del agua objetos muy pesados: como



que les ayuda á subir una fuerza cuya intensidad está representada por el peso del volumen del agua que desalojan.

Burla burlando hemos desarrollado uno de los principios científicos más transcendentales é importantes, y desde luego el que—con la invención de las máquinas de vapor—mayor influencia ha ejercido en el arte de la navegación. Me refiero al principio de Arquímedes, llamado así por haberlo descubierto el gran geómetra de Siracusa: «Todo cuerpo sumergido en un líquido sufre una presión de abajo arriba, ó es soportado por éste, ó pierde de su peso tanta parte como pesa el volumen del líquido que desaloja.» Más conciso y adaptado á nuestro objeto, que es la evolución del pez de madera, el perfeccionamiento de las construcciones navales, debido, casi por completo, á las consecuencias prácticas del principio de Arquímedes: «Todo cuerpo sumergido en el agua pierde de su peso lo que pesa el volumen de agua que desaloja.»

¿Comprendéis ahora, aunque sea embrionariamente, por qué flotan esas inmensas moles, no ya de madera, sino de hierro y acero, y hasta cargadas con pesadísimos cañones, como los buques de guerra, que habéis visto en nuestros puertos ó dibujadas en las láminas con que suelo premiar vuestra aplicación y excelente comportamiento?

La comprobación del principio de Arquímedes



sé hace con una balanza llamada hidrostática, que no es sino la balanza ordinaria que, en lugar de tener los dos platillos á idéntica altura, uno de ellos está más próximo al gancho donde se suspenden, y tiene en su parte inferior otro gancho para colgar de él dos cilindros : uno hueco y otro macizo que encaja perfectamente en el anterior. Colgados ambos cilindros, se equilibra la balanza poniendo pesas en el otro platillo. Ya está en el fiel. Perfectamente. Pues ahora, para demostrar la verdad del principio de Arquímedes, es decir, que todo cuerpo sumergido en el agua pierde de su peso lo que pesa el volumen de agua que desaloja, se introduce el cilindro macizo, tal como está, sin descolgarle, en un vaso lleno de agua. Inmediatamente, si queréis equilibrar la balanza, que se ha desnivelado, tendréis que quitar de las pesas del otro platillo 10 gramos, 20, 30... hasta ponerla de nuevo en el fiel.

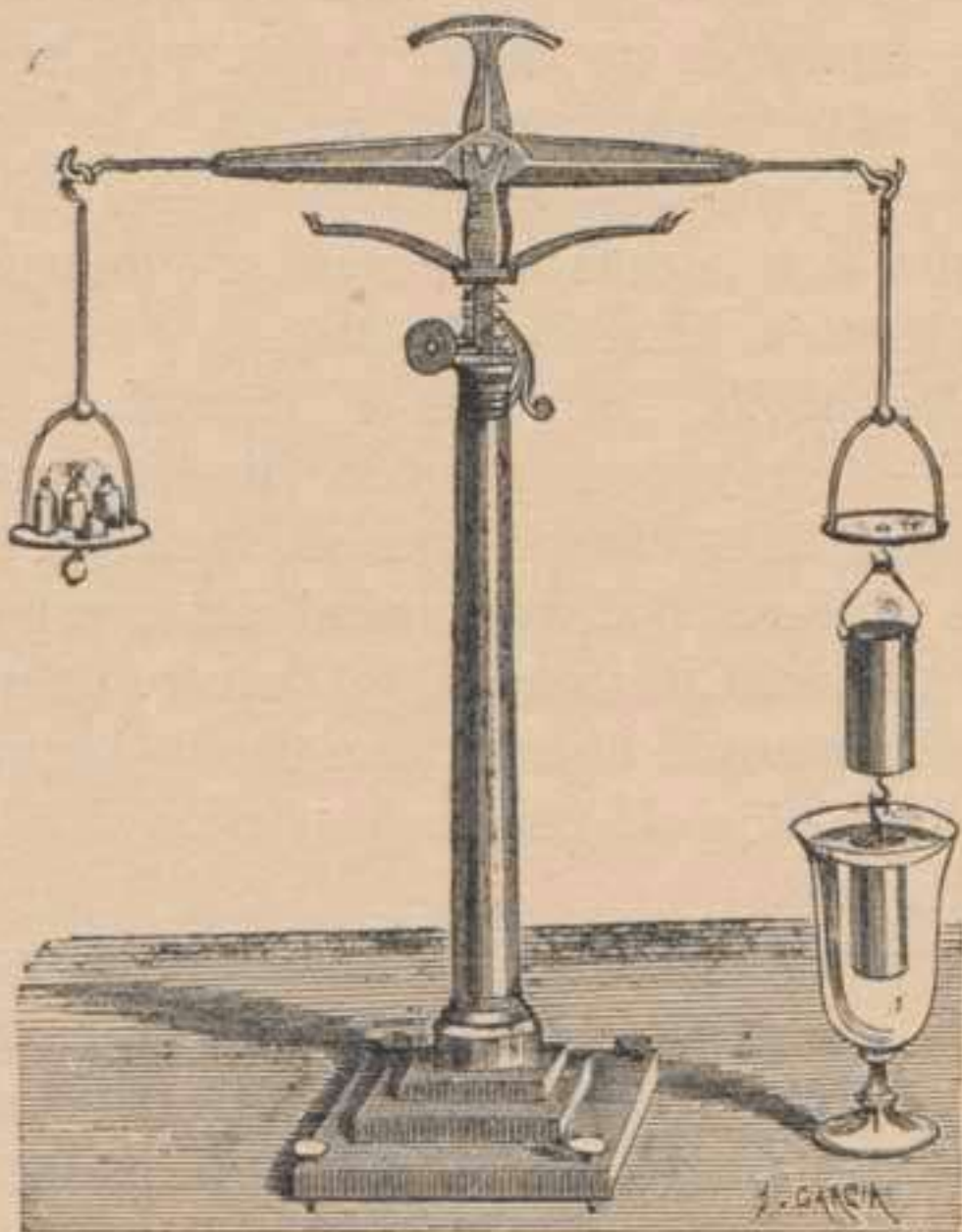
Continuemos la experiencia. Llenemos de agua el cilindro vacío. La balanza vuelve á desequilibrarse; es preciso ahora añadir pesos al platillo ordinario — precisamente los que habíamos retirado al introducir en el agua el cilindro macizo—. Luego este cilindro, al sumergirse en el agua, pierde de su peso lo que pesa el volumen de agua que desaloja, que es el contenido en el cilindro hueco, donde encaja perfectamente aquél.

¿No es verdad que habéis comprendido la explicación sin más que la tosca figura de la ba-



lanza hidrostática que os he trazado en la pizarra?

Pues este principio, amiguitos míos, es, lo repito, el fundamento de todos los progresos del



Balanza hidrostática.

arte de las construcciones navales, como la aplicación de la fuerza expansiva del vapor — ya lo veréis á su debido tiempo — es el fundamento de todos los progresos del arte de la navegación.

Aplicando el principio de Arquímedes á la industria naval, el ingeniero construye hoy esos



inmensos buques de hierro ó madera, comerciales ó de guerra, que transportan millares de hombres y millares de toneladas — la tonelada, ya lo sabéis, es el peso equivalente á mil kilos — de mercancías de uno á otro continente, sin más que calcular la cantidad de agua que ha de *desplazar* — desalojar — su artefacto — el casco — para que, con la máxima carga, se sumerja solamente hasta la línea de flotación por él previamente señalada; línea que se determina por los centros de gravedad de las dos fuerzas que actúan sobre todo cuerpo que se sumerge en un líquido: el centro de gravedad del cuerpo, que tiende á hacerle descender, y el centro de gravedad de la masa de líquido, que tiende á elevarlo; este último, llamado centro de presión del líquido ó metacentro.

Ambos han de estar en la misma línea vertical, llamada eje de flotación, y ser fuerzas iguales para que se establezca el equilibrio y no se sumerja ó vuelque el cuerpo, que aquí es la nave. Y han de estar, precisamente, para que el equilibrio sea estable, el metacentro encima del centro de gravedad del cuerpo.

Multitud de aplicaciones, entre ellas la averiguación del peso específico de los sólidos y líquidos — peso con relación á igual volumen de agua á  $+ 4^{\circ}$  centígrados —, ha recibido el principio de Arquímedes. Su detalle, sobre no estar nosotros dispuestos para ello, nos llevaría muy lejos.



Una sola aplicación, por su analogía con el asunto de nuestras conversaciones, quiero que no os pase inadvertida.

El principio de Arquímedes rige también respecto de los gases : «Todo cuerpo sumergido en un gas sufre una presión de abajo arriba, ó pierde de su peso una cantidad igual al peso del volumen de gas que desaloja.»

¿Os explicáis la razón de ser de los globos?

El globo de goma, inflado de gas, que os sirve de juguete es el símbolo representativo de uno de

los aparatos que la ciencia está llamada á perfeccionar, hasta conseguir que naveguemos por la atmósfera con la misma seguridad y tantas comodidades que lo hacemos por el mar. El globo de hoy tiene ya hélice, como los buques, para impulsar su marcha, y timón para dirigirla. El

día que se logre dotarle de una fuerza motriz superior en todo caso á la del viento, la dirección de los globos será cosa tan práctica y sencilla como lo es para el timonel la dirección de un

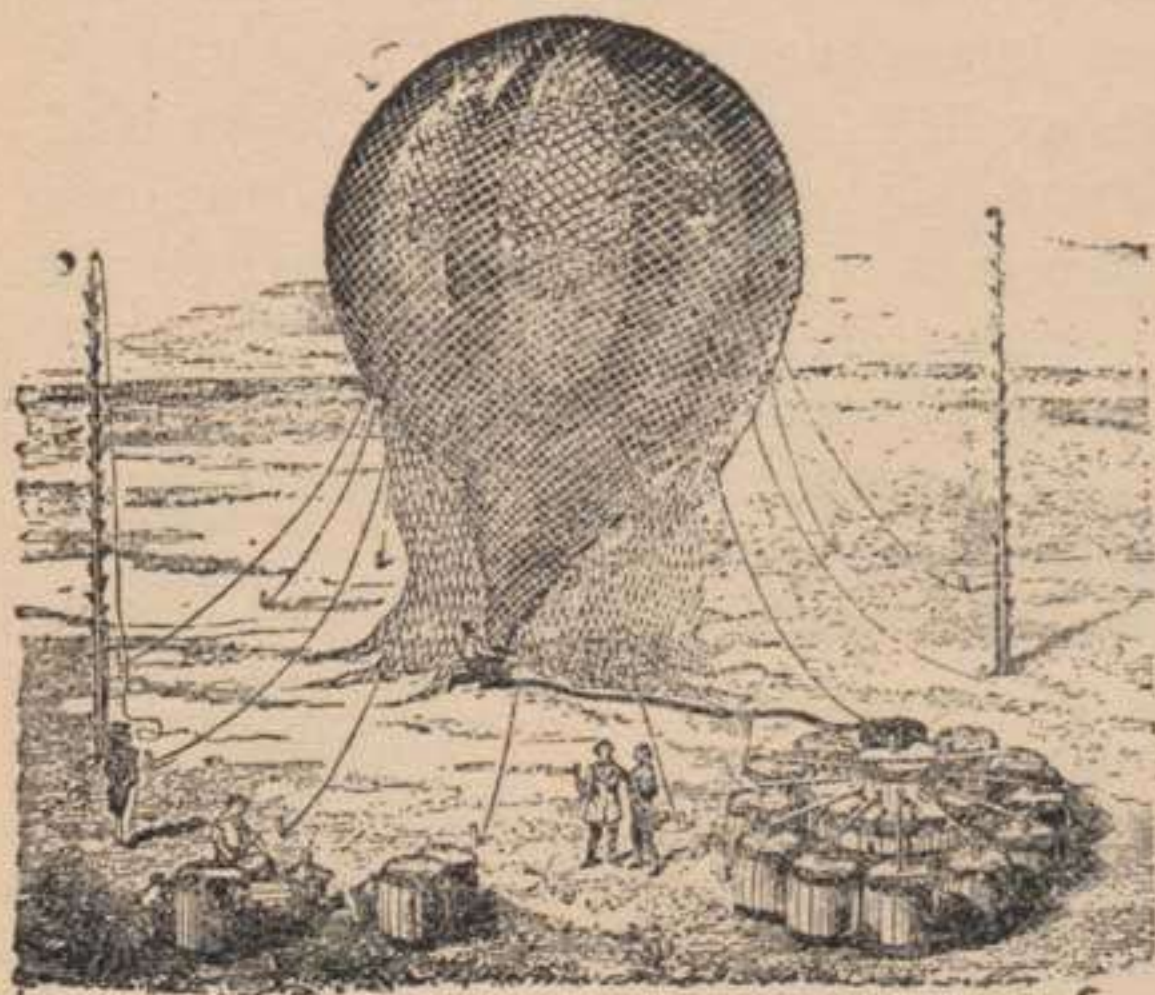


Globo Montgolfier.



buque moderno de potente máquina de vapor.

Los primeros globos de que nos habla documentadamente la ciencia, fueron construídos por los hermanos Montgolfier : redondos, de papel barnizado y tafetán, y abiertos por abajo; á alguna distancia de esta abertura colgaban una canas-



Globo llenándose de hidrógeno.

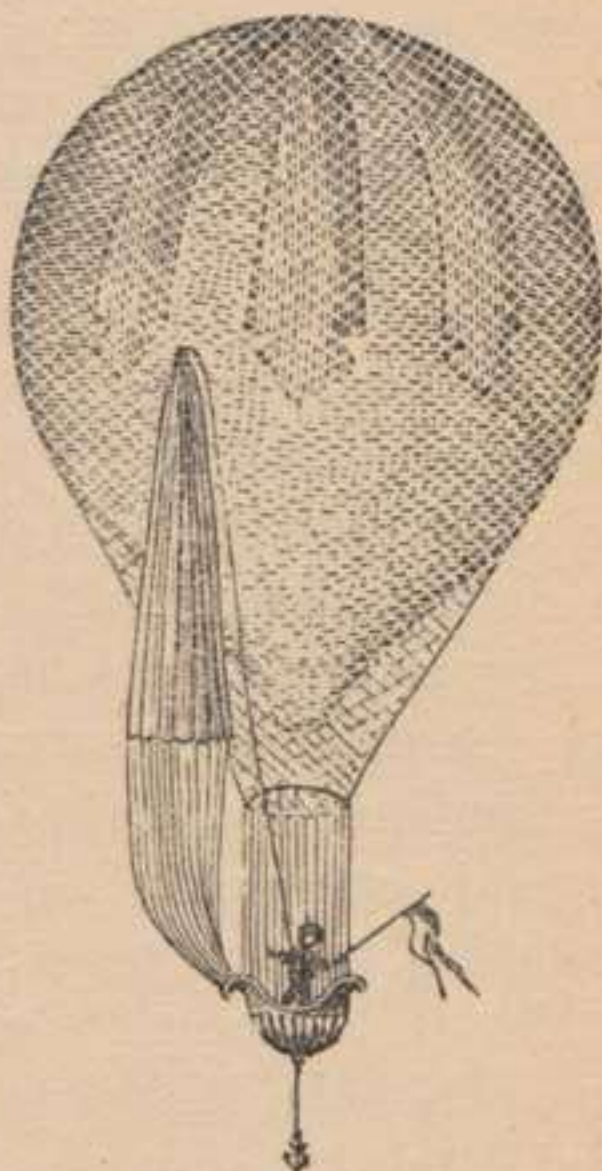
tilla, y encendiendo en ella lumbre, llenaban de aire caliente la cavidad del globo. Con un globo de este primitivo sistema realizaron la primera ascensión de que se tiene noticia, en 1783, Pilatre de Rosier y el Marqués de Arlandes.

Pero estos artefactos sólo rigen mientras el aire encerrado en la cavidad del globo es más



cálido — ó lo que es lo mismo, menos denso — que el de la atmósfera que le rodea. Fué preciso, para mayor seguridad, llenarlos de un flúido menos pesado que el aire: de hidrógeno primero, luego de gas del alumbrado, y de esta suerte, hoy constituye la navegación aérea, no ya un *sport*, sino también un servicio de verdadera utilidad, sobre todo en la guerra. Cuando estudiéis Historia Universal os enseñarán los servicios prestados por un globo á los sitiados de París durante la guerra de 1870 con Alemania. No hay ejército moderno que carezca de parques aerostáticos. Y hoy, ya lo veréis, se construyen globos semejantes en todo á los buques, de igual forma y análogos sistemas de impulsión y dirección. Pero volvamos á nuestras elementales investigaciones.

Lo más importante que de ellas resulta es que en el fenómeno de sumergirse los cuerpos más pesados que el agua y en el de flotar los más



Globo moderno con paracaídas.



ligeros, descubrimos dos fuerzas: una, la gravedad; otra, la presión resultante de ese infinito número de moléculas sin cohesión de que se componen los flúidos; y en estos hechos sencillísimos se empezaron, por varios modos, á conocer las *fuerzas* y su manera de obrar.

Recordad, amiguitos míos, cuando nosotros, dándonos aires de naturalistas, pretendíamos distinguir los seres que obran sobre sí mismos y aquellos que obran los unos sobre los otros; pues así el hombre, aunque pigmeo, en la infancia de la ciencia, fijaba también su mirada con la atención y serenidad del naturalista, para comprender los misteriosos arcanos que confundían su pensamiento, y, ebrio de placer, manifestaba su regocijo cuando la Naturaleza complaciente contestaba á sus preguntas.

El Sol, la Luna, las estrellas, recorriendo, aun en apariencia, la especiosa esfera celeste; el mar, ondulando las aguas, agitado y proceloso; el aire, cuyo soplo basta para acusar su existencia; en una palabra, la Naturaleza toda, moviéndose constantemente, no hace sino manifestar sus fuerzas. Estos movimientos son evidentes, puesto que entran por nuestros sentidos, y comprobados por la experimentación, el raciocinio los acepta.

Ahora, las acciones musculares del organismo viviente, ¿no reconocen por causa la vida? La vida, pues, es una fuerza. Lo mismo que las plantas, cuando se desarrollan absorbiendo jugos de



la atmósfera y de la tierra, ¿no ejercen funciones propias? Estos actos son los que obran los seres sobre sí mismos.

El proyectil lanzado que recorre su trayectoria; la rama movida por el aire; el agua deslizándose por la pendiente, nos acusan movimientos impulsados por las fuerzas de otros seres.

Hay que hacer esfuerzo de imaginación para distinguir los movimientos aisladamente; porque, en rigor, toda la Creación se mueve al impulso de muchas fuerzas combinadas; la Tierra, considerada como ser organizado, tiene sus órganos constantemente en movimiento; la atracción que ejerce sobre los cuerpos que la rodean, la lluvia, los vientos, los temblores, las erupciones, son actos de su propia vida. Pero si consideramos la Tierra relacionada con los demás astros, descubrimos en ella movimientos que resultan de esa recíproca relación; como el recorrer la órbita en el sistema planetario, como la rotación que verifica sobre sí misma, como las mareas debidas á la acción del Sol y de la Luna.

Ved, amiguitos míos, la conveniencia de observar con atención para aprender á distinguir; ya sabéis que cuando los seres son causa de movimiento les llamamos *fuerzas*, y que cuando reciben las fuerzas les llamamos *cuerpos*; así, la Tierra es fuerza ejerciendo la acción de atraer, y es cuerpo cuando es atraída; el aire es fuerza cuando empuja las velas del buque ó el aspa del molino,



y es cuerpo cuando es movido á causa del desequilibrio atmosférico producido por el calor; el agua es fuerza cuando hace girar la turbina, y es cuerpo cuando se desliza por la pendiente obedeciendo á la ley de la gravedad.

Estas cosas, mis queridos niños, están hoy al alcance de todo aquel que, por distracción, lee libros que detallan las ciencias á manera de recreo; nadie que quiera pasar por medianamente instruído debe ignorarlas, por más que sean debidas á la observación constante de muchas generaciones; ya sabéis que así se han ido descubriendo las fuerzas de ese organismo maravilloso que se llama el Universo.

Quedamos en que todo movimiento supone una ó varias fuerzas; es decir, que todo efecto es producido por causas que, á su vez, son efecto de otras; y aquel que mejor sabe el orden con que se relacionan los efectos con sus causas, mejor comprende el complicado mecanismo y más se remonta á su origen, aspiración constante del humano pensamiento.

No pretendamos nosotros ahora llegar al último eslabón, porque sin duda nos perderíamos faltándonos la base segura de sólida instrucción; pero vamos á discurrir sobre un fenómeno para nosotros muy conocido; así nos remontaremos á una causa visible originaria de fuerzas activas de la Creación.

¿Qué es la nube? Os repetiré lo que ya sabe-



mos: la nube es una masa de vapor de agua suspendida en el aire. Esa nube es agua del mar, del río, de la laguna, de los sitios húmedos; esa nube es la evaporación del agua que, pesando menos que el aire, ha sido empujada por la presión atmosférica á esa altura donde la veis. Nosotros sabemos cómo se ha formado la nube, ó, lo que es lo mismo, hemos encadenado una porción de efectos y de causas hasta remontarnos á una causa principal, y no titubeamos en asegurar que es el Sol el que ha formado la nube. El Sol calentando el agua ha producido ese fenómeno; luego el calor es una fuerza, la causa originaria que ha producido la nube.

Y otra vez tenemos aquí, amiguitos míos, al fuego desempeñando ahora papel mucho más importante que cuando hacía oficio de herramienta; ahora el fuego pone en actividad á la materia. Pensad si sería grave la supresión del fuego. Suprimido el fuego, quedaría la materia en absoluto reposo, inerte; sin el fuego dejan de existir los seres organizados; sin el fuego cesa la vida en la planta y en la economía animal; — ¿qué digo? — sin el fuego no existiría tampoco ni la vida de la Tierra, ni la vida de los astros. No me digáis que éstas son conjeturas, porque además de la evidencia ostensible de que el calor es fundamento de vida, no veo manera más razonable de encadenar los efectos y las causas.

Sí; admitamos que el fuego — calor — es causa



de las fuerzas musculares y de las fuerzas químicas, pudiéndoselas llamar *activas*, porque la gravedad ó el peso viene á ser la reacción de todo movimiento impulsado por esas fuerzas.

Pero vamos á lo práctico :

¿De qué modo obra el calor sobre los cuerpos? Ya sé que lo sabéis : los dilata; es decir, que todo cuerpo sometido á la acción del calor crece en volumen y pierde en densidad; se hace más ligero. ¿Comprendéis ahora por qué sube el vapor de agua que forma la nube? ¿Por qué sube el humo? ¿Por qué suben los gases? Suben por la misma razón que el agua, puesta á la lumbre, va subiendo á la superficie de la vasija á medida que se calienta, ocupando su lugar la parte más fría. Todos esos fenómenos son producidos por la presión que ejerce la parte de materia más densa sobre la que es menos densa.

¿Pero es que la materia se coloca por el orden de mayor á menor densidad? Eso es indudable : ese es el orden que obedece á la ley de la gravedad: tenéis comprobado el hecho en los flúidos cuyas moléculas no están adheridas; y, tratándose de los cuerpos sólidos, para probaros que, en virtud de la ley de la gravedad, esa es la tendencia universal de la materia, veréis un ejemplo sencillísimo que lo comprueba :

Poned arena en un vaso; después echad perdigones; éstos quedarán encima; pero removed el contenido del vaso con el mango de la pluma,



y veréis que los perdigones van ocupando el fondo y la arena la parte superior.

Aunque os parezca pueril ese experimento, no dejéis de prestarle alguna atención.

Al ser removidos unos con otros, los perdigones bajan, los granos de arena suben. Esto, sin duda, es natural que así suceda; el mango de la pluma no ha hecho otra cosa que quitar á los perdigones el obstáculo que les impedía bajar; esto es, ha quitado el estorbo para que la presión molecular cumpla su ley: la de colocar la materia más pesada más próxima al centro común de atracción; esa es la tendencia de los cuerpos á estar colocados por el orden de sus densidades, en el supuesto de que todo ese espacio está ocupado por diferentes materias; porque si suponemos un espacio vacío, entonces, lo mismo el plomo que la arena, y en general todos los cuerpos, bajarían recorriendo iguales distancias en tiempos iguales; lo que ya comprobamos en la máquina *neumática*. No lo dudéis, el plomo seguiría bajando, puesto en la superficie de la tierra, si con cualquier otro instrumento fuésemos removiendo capas; bajaría hasta encontrar otros cuerpos de mayor densidad; luego la presión es la que tiende á colocar los cuerpos por el orden de sus densidades.

Ahora, si sabemos la dirección que lleva todo cuerpo que cae, la vertical, y que la presión molecular funciona en todos sentidos, casi podríamos



deducir con esos datos la forma esférica de la Tierra; porque si todos los cuerpos y moléculas convergen, por virtud de la gravedad, á un centro común, las superposiciones de capas han de dar por resultado la redondez. Mecánicamente así lo concebimos, y contribuye á lo propio la presión que, obrando en todos sentidos, determina la resultante en dirección horizontal; esta dirección de las moléculas no puede ser otra que la circular, estableciendo el equilibrio en toda la masa de la Tierra. Fijaos, mis queridos niños, en que la gota de agua, cuyas moléculas están siempre en equilibrio, presenta superficie curva cuando reposa sobre un plano.

Esa deducción, racional y lógica, está comprobada por otras observaciones que caen bajo el dominio de la Geometría. Ya sabéis que al aparecer los barcos en el horizonte, empiezan por asomar las puntas de los palos; después descubren las velas; por último, el casco destaca cuando se pone al alcance de la recta que dirige la visual: esto prueba que la superficie del mar es curva en todas direcciones.

Y, para acabar de una vez, puesto que me apuráis, os diré que la verdadera figura de la Tierra es la de un esferoide aplastado por los polos, cuya forma se deduce, no precisamente por las leyes de la gravedad y de la presión, sino por el movimiento giratorio. La explicación es fácil: girando la Tierra sobre un eje, la fuerza llamada



centrífuga ha de ser gradualmente mayor en los círculos mayores á partir de los polos; claro es, á mayor masa corresponde mayor fuerza, que produce mayor ensanche; resultando como consecuencia precisa que el aumento gradual de volumen hacia el Ecuador se verifica á costa del aplanamiento en los círculos polares.

En virtud, pues, de esa presión, resultante de la gravedad propia de la materia, los flúidos (*gases y líquidos*), cuyas moléculas no están adheridas, guardan el orden de su densidad ocupando las capas más densas la parte inferior, es decir, más próximas á la tierra y al fondo de las aguas, y la parte más alta, las menos densas ó más enrarecidas.

Así se comprende que la atmósfera y el mar se muevan constantemente por la acción y reacción que experimentan al recibir el calor solar y al dejar de recibirle.

¿Veis adónde nos ha llevado el discurrir sobre el hecho de subir el trozo de madera á la superficie del agua?

Dispensadme este otro largo camino que, para volver al punto de partida, os he obligado á recorrer; y así como el caminante se detiene para descansar, contemplando hermosos paisajes que le rodean, nosotros, tras largas digresiones fatigosas, nos detendremos también, después de haber recogido materiales para nuestra instrucción y recreo.



Si hemos formado idea más precisa de lo que es fuerza; si hemos aprendido las causas principales que producen el movimiento; si nos explicamos ahora multitud de fenómenos debidos á la mecánica de la Naturaleza, en verdad, amiguitos míos, no ha pasado en balde el tiempo.



## VI

### El mecánico.

Si el hombre hubiera desfallecido ante las dificultades que se presentaban á su espíritu emprendedor, su situación no habría nunca mejorado, ni tampoco merecería los honrosos títulos de inteligente y progresivo. Mas, proclamémoslo para gloria del hombre: á su espíritu valeroso se deben cuantas conquistas ha conseguido sobre la Naturaleza, trabajo nunca interrumpido, que principió con el primer hombre, para no acabar mientras el hombre exista; porque tal es la índole de su actividad y porque es propio de su naturaleza aspirar á perfectos ideales.

Digo eso para aplaudir otra vez al pobre salvaje que, apoderándose de tosco leño, consiguió deslizarse por las aguas venciendo resistencias superiores á sus fuerzas; y creo que vosotros, amiguitos míos, también aplaudiréis al ver cómo se ha ingeniado para perfeccionar ese *instrumento* utilísimo: la nave.

Si tratáramos de estudiar la estructura humana, lo cual no es ahora nuestro propósito, veríamos que también es el hombre instrumento complicadísimo considerando las resultantes de sus fuerzas combinadas; sólo el acto de permanecer





de pie es el resultado de la acción constante de sus músculos para guardar el equilibrio. ¿Qué son sus miembros, cuando se ponen en acción, sino instrumentos de fuerzas?

El hombre, pues, considerado desde el punto de vista del plan trazado por Dios, á que obedece todo lo creado, recibió lo esencial graciosamente, digámoslo así, para ejercer las funciones solicitadas por su necesidad; pero el perfeccionamiento de sus actos depende de la inteligencia que reside en el espíritu.

Ese perfeccionamiento es el que nosotros perseguimos.

Recordaréis que el pobre salvaje, montado en el tronco del árbol que flotaba, permanecía en la superficie del agua sin tener que hacer sus músculos el menor esfuerzo. ¿Por qué? Porque es la Naturaleza sola la encargada de que eso suceda así: en ese acto sólo intervienen la gravedad y la presión, toda vez que el volumen del tronco y del cuerpo del hombre juntamente no pesan tanto como el mismo volumen de agua; por esa razón quedan á flote los dos cuerpos unidos.

Pero, de ese modo, el hombre permanecía inactivo, sin la libertad de acción que tenía cuando nadaba empleando el esfuerzo de sus piernas y de sus brazos; podríamos decir que al montar en el tronco perdió la condición de pez para convertirse en aditamento de la madera, lo que, dicho sea en verdad, honraba poco á su inteligencia;



por eso no dejó de trabajar, empleando el esfuerzo de sus brazos para recorrer la superficie del agua; y continuó empleándolos aún, proveyéndose de remos para favorecer la potencia de sus brazos.

Demasiado sabéis — no hay necesidad de repetirlo — que los brazos y las piernas, desempeñando la acción de nadar, no son otra cosa que remos, como los que fabricó de madera no son más que prolongación de sus brazos, brazos,



Palanca.

como ya dije, de gigante. Además de que — también lo sabéis — los miembros, cuando se ponen en acción, se convierten en instrumentos de fuerza, instrumentos que la Mecánica distingue con el nombre de palancas.



Sí, amiguitos míos; todos los instrumentos de que el hombre se sirve para favorecer la potencia muscular, son palancas; de suerte que el hombre, al probar en sí mismo sus fuerzas para vencer los obstáculos que se le oponían, estudiaba la mecánica de la Naturaleza que, puesta en su pensamiento, se convertía propiamente en mecánica racional.

Sí, amiguitos míos; la observación repetida, comprobando los efectos con las causas que los producen, esto es, yendo de lo conocido á lo desconocido, generalizando las ideas de los hechos por los casos particulares repetidos, ha ido descubriendo leyes, las cuales determinan que las mismas causas producen siempre los mismos efectos. Así, al ver que un cuerpo se mueve, aseguramos que allí intervienen palancas; y que la materia, cualquiera que sea su estado y su forma, solamente en virtud de la gravedad, siempre desempeña el oficio de palancas; hasta el átomo que se mueve es porque el peso de otro, la presión, le empuja para ocupar su lugar; luego el átomo más pesado, con relación al lugar que ocupa, hace oficio de palanca.

Insistiendo sobre lo que hemos llamado mecánica de la Naturaleza, si vemos cuerpos ó moléculas que suben ó que bajan; si comprobamos que, con relación al lugar, el más pequeño baja y el más ligero sube, averiguado está que es la gravedad misma, es decir, el resultado de esa fuerza, lo que obliga á subir á la superficie del



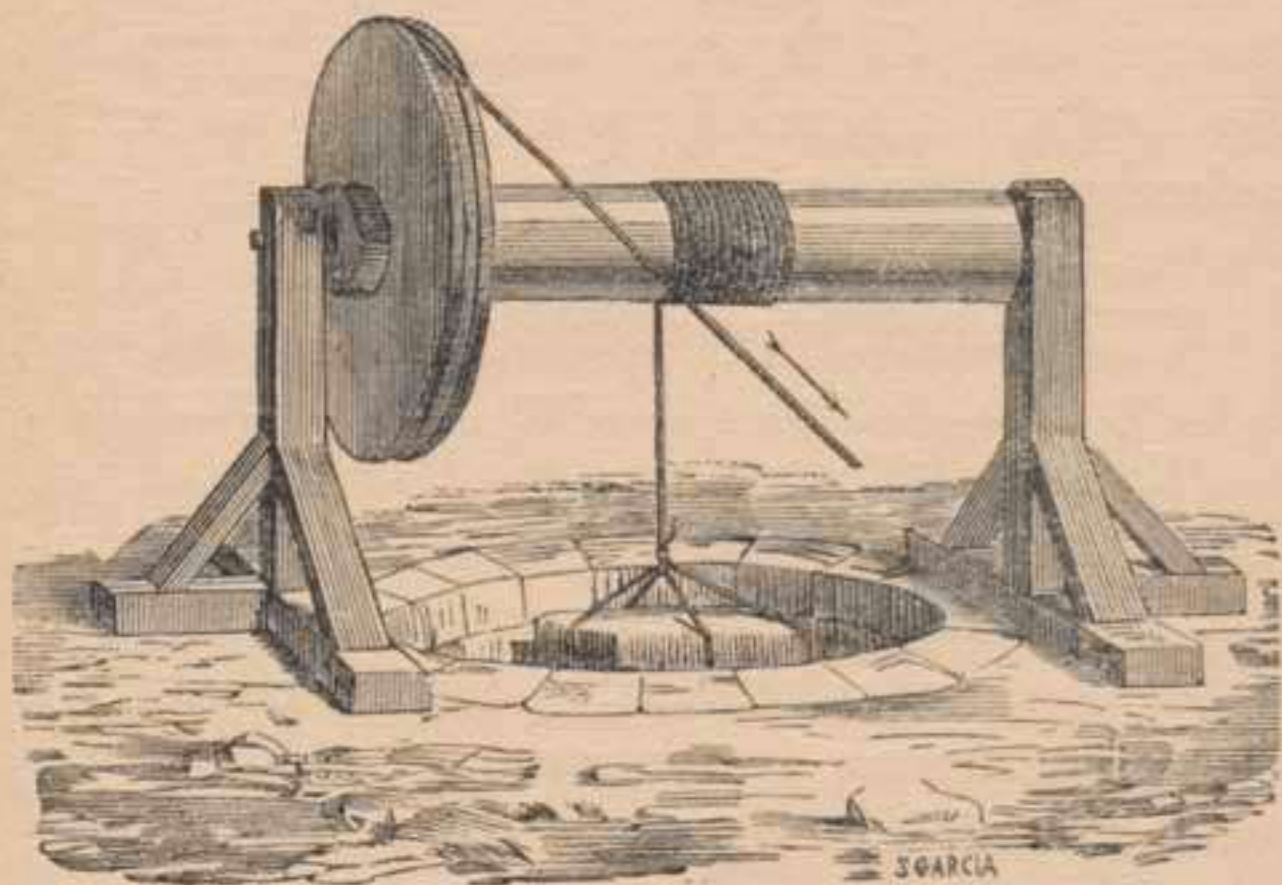
agua al trozo de madera, lo que eleva en la atmósfera al humo y al vapor, lo que sumerge la piedra en el fondo del agua, lo que atrae á la tierra la bienhechora gota de la lluvia. La ciencia os enseñará, andando el tiempo, esa fuerza universal que Newton llamó «atracción de las masas», dándole el nombre de *gravitación*, considerando sus efectos entre los astros; *gravedad*, considerándola ejercida por la Tierra, y *atracción molecular*, entre las partículas elementales—moleculas— de los cuerpos.

La Naturaleza, sorprendida por el pensamiento, se ve precisada á declarar que la gravedad, tomada en sentido más universal, la gravitación, es el gran resorte de su mecanismo; y la gravedad, por lo tanto, es la fuerza resistente que el mecánico procura vencer; y siendo el hombre por su estructura instrumento mecánico compuesto de infinito número de palancas, todas dirigidas á vencer esa resistencia, palancas han de ser todos los instrumentos de que se sirve para favorecer su potencia. La palanca es una de las tres *máquinas simples* — llamadas así, en la mecánica racional, por tener un solo punto de apoyo, una línea recta ó un plano — : *palanca*, *torno* y *plano inclinado*, de cuya combinación se derivan todas las demás máquinas, por complicadas y maravillosas que aparezcan á nuestros ojos.

Discurramos, siquiera sea sumariamente, sobre la palanca más elemental :



No comprobaremos los hechos con exactitud matemática, pero vamos á adquirir noción segura; tomad esa regla que os sirve para tirar líneas y colocadla sobre el dedo índice de modo que permanezca en posición horizontal. Eso es; habéis logrado que conserve esa posición porque



Torno.

colocáis el dedo en medio de la regla. ¿Y por qué sucede eso así? La contestación no ofrece duda : ese trozo de madera labrada y pulimentada forma figura regular, tiene el mismo ancho y espesor en toda su longitud; además, su materia es homogénea; si habéis logrado que permanezca en posición horizontal, apoyándola en el dedo, es porque son iguales las distancias de ambos bra-



zos á partir del punto de apoyo, ó, lo que es lo mismo, que ambos brazos tienen la misma cantidad de masa y, por consecuencia, igual peso. Esto resulta claro si tenemos en cuenta la íntima relación que existe entre la simetría y el equilibrio, de que en otro lugar hemos hablado. Ahora,



Plano inclinado.

también de por sí se deduce la razón física de este hecho: la atracción de la Tierra, que es ley de la gravedad, solicita los brazos de la regla con la misma fuerza, por lo mismo, porque ambos brazos tienen la misma cantidad de masa; dividida, pues, esa fuerza en dos partes iguales, se establece el equilibrio. La regla, como veis, se ha convertido en balanza.



Seguid experimentando : si puesta así en equilibrio la regla ponéis en un extremo el cortaplumas, ¿qué sucederá?—ya sé que todo esto es muy fácil—que se destruye el equilibrio : caen la regla y el cortaplumas; me diréis con toda formalidad que en el brazo donde se puso el cortaplumas había ya más peso. Pues estas experiencias tan sencillas son el fundamento de todo el saber humano. Ya veréis que la perseverancia y el amor al estudio hacen la ciencia agradable.

Por lo pronto, ya tenéis la base para conocer las palancas y su manera de obrar; ya sabéis que si colocáis una barra informe en la misma posi-



Balanza de brazos y platillos.

ción que la regla, si la barra permanece en equilibrio es porque un brazo y otro tienen igual cantidad de masa. Este es el fundamento de la *balanza* de brazos y platillos iguales generalmente usada en el comercio, aun cuando hay otros sistemas de balanzas

fundados en la elasticidad de los cuerpos sólidos—balanzas de resorte—y hasta en la presión de los líquidos.

Seguid observando aquellas sencillas experiencias. Poned la regla en el dedo, no ya para que



permanezca en equilibrio, sino próximo á un extremo de ella; así los brazos son desiguales; haced, poniendo encima del brazo más corto un dedo de la otra mano, que la regla se coloque en posición horizontal :

¿no es verdad que ese dedo tiene que imprimir fuerza para conseguirlo? ¿No es verdad también que si vais aproximando ese dedo el extremo del mismo brazo de la regla, ya no se necesita, gradualmente, tanto esfuerzo para sostenerla horizontal?



Balanza de resorte.

Al ir aproximando el dedo á ese extremo de la regla, no habéis hecho otra cosa que alargar el brazo de la palanca; de ese modo se ha ido favoreciendo la potencia, es decir, que con menos esfuerzo se consiguió el mismo resultado, el de conservar la regla en posición horizontal.



Vamos ahora á substituir la presión del dedo por un peso cualquiera; por esta llave, que puedo hacerla pender del brazo más corto de la regla, y haciendo el tanteo necesario, conseguir que la regla vuelva á colocarse en posición horizontal. Pero, claro es, teniendo la llave peso determinado, si la separamos del punto donde la hemos fijado, se destruye el equilibrio.

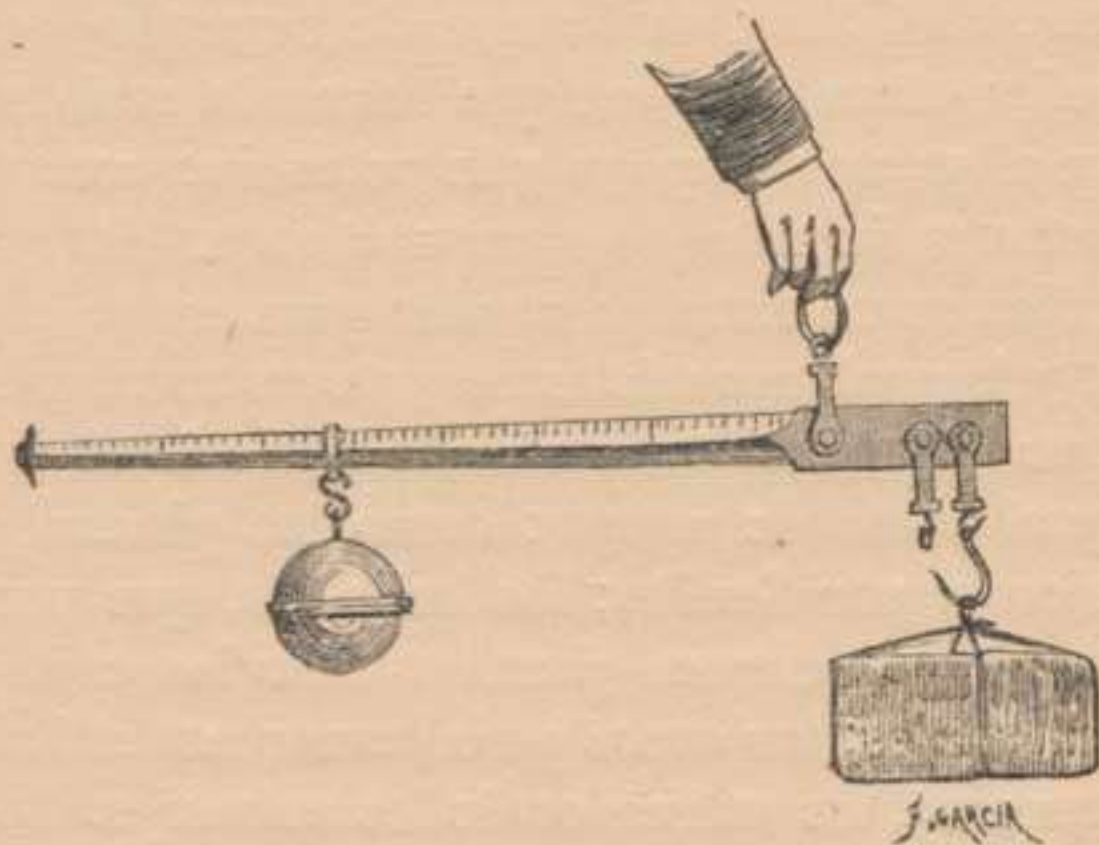
Coloquemos ahora la llave en el extremo de ese brazo más corto de la regla, y hagamos pender del otro brazo esta otra llave, cuyo peso es la mitad de la primera; también por medio del tanteo se consigue establecer el equilibrio, con la particularidad de que, si observáis atentamente, veréis que la segunda llave, la pequeña, dista del punto de apoyo doble distancia que la que media entre ese mismo punto y la otra llave, doble mayor, colocada en el extremo del brazo más corto.

Con esos resultados podríamos deducir una ley muy conocida : la proporcionalidad que existe para establecer el equilibrio entre los diversos puntos de uno y otro brazo, á partir del punto de apoyo, y de los diferentes pesos que en dichos puntos se fijan; y aunque por sucinta manera, ahí tenéis la noción de esa palanca tan común, conocida con el nombre de *romana*; y como consecuencia final, veis que el peso representa una intensidad de resistencia y el esfuerzo una intensidad de potencia valuada también en peso.



¿Veis cómo de experiencias tan sencillas resultan prácticas y útiles aplicaciones?

Los hechos se relacionan : todos esos resultados se deducen del hecho de levantar piedras de enorme peso el mecánico primitivo empleando la



Romana.

barra vigorosa; así iba comprendiendo prácticamente que se favorece la potencia alargando el brazo de la palanca, ó, lo que es lo mismo, llevando el punto de aplicación de la fuerza muscular á mayor distancia del punto de apoyo, ó á medida que este punto se va acercando al de la resistencia.

Vosotros sabéis que ese sencillo instrumento ó herramienta es de gran aplicación y que, por lo



mismo, se ofrece bajo diversas formas ya clasificadas; decimos que son palancas del primer género las que tienen el punto de apoyo entre la potencia y la resistencia: como la barra de que se sirven los canteros para mover las piedras, el fiel de la balanza, la barra de la romana, las tenazas, las tijeras; se llaman de segundo género aquellas otras palancas que tienen la resistencia entre el punto de apoyo y la potencia: como los carretones de mano, los partepiñones, las cuchillas fijas en un extremo usadas para cortar cartones; y las palancas de tercer género son aquellas en que la potencia está situada entre la resistencia y el punto de apoyo: como las pinzas, que funcionan por flexión; las ballestas, que por la misma razón sirven para sostener las cajas de los carruajes; los arcos para lanzar las flechas y, en general, los músculos de los animales. Como veis, pues, la palanca es el elemento, ya simple, ya combinado, de cualquier instrumento ó herramienta ó máquina, por complicada que sea.

Pero, amiguitos míos, esa clasificación perfectamente ordenada que la ciencia nos ha dado á conocer, supone muchos siglos de trabajo y de experimentación.

Desde la barra grosera á la ingeniosa maquinaria, es decir, desde la palanca elemental hasta el aparato, sistema complicado de palancas para desarrollar fuerzas, median siglos de estudiosa práctica; y nosotros hemos considerado solamen-



te el trabajo que rinde el hombre en estado casi primitivo.

Ocupados, por ejemplo, el hombre, la familia, la tribu, en abatir del espeso bosque los árboles seculares, habrían de ver cómo los transportaban al lugar, más ó menos distante, donde se labraban las maderas propias para la construcción. Para estas operaciones, si se ha de sacar el tronco de la hondonada, al arrastrarlo ó levantarlo ha de emplearse la cuerda torcida ó trenzada, aplicando la fuerza muscular; pero el declive del terreno podrá aprovecharse, y el arrastre se efectuará por caída suave en el plano inclinado; el curso de los ríos también llevará á flote las maderas; los rodillos harán el oficio de ruedas. El rodillo, que la Naturaleza suministra con el tronco recto y cilíndrico, ha dado ocasión y motivo para estudiar el empleo de la rueda que favorece la marcha del carro, para construir la polea que auxilia el ascenso de las moles, para fabricar la piedra del molino que ha de moverse por la caída del agua.

Ved, amiguitos míos, si van saliendo palancas en las primeras industrias del hombre en estado casi primitivo.

Considerad ocupado al hombre en sus primitivas industrias, y veréis cómo, sin darse cuenta de ello, es mecánico; le bastó observar de qué modo el pez usa sus aletas natatorias, y puso remos á su grosera embarcación; y conociendo la



utilidad de esas palancas, hizo mejor uso y más variado de ellas: siempre que trató de vencer resistencias superiores á sus fuerzas buscó el auxilio de la palanca poderosa y rígida; así fué comprendiendo que los actos de su industria se reducen al empleo de unas fuerzas para vencer otras fuerzas. Estos son los problemas de la Mecánica.

Seguid considerando las infinitas aplicaciones que el primitivo mecánico pudo hacer del hierro para convertirlo en palancas, porque palancas son el hacha, el martillo, la azuela, la sierra... y ved con qué facilidad desgaja ya el árbol y divide el tronco para hacer de él vigas, puntales, tablas... y cómo ensambla las piezas y las asegura con ese elemento imprescindible en toda construcción: el clavo.

Ved cómo la madera y el hierro marchan ya ligados en la industria sin separarse jamás: la madera, dócil, se presta á toda manufactura, y pide al hierro, tenaz, fuerza para resistir; y ese hierro vigoroso que destroza la madera, consiente en prestarle su firmeza.

Esa unión del vegetal y del mineral en la manufactura, viene también á probarnos que ninguna industria prospera si otras no vienen en su auxilio; así como, por otra parte, toda construcción supone no sólo facilidad en el manejo de herramientas, sino conocimientos de principios y reglas que, aunque no estuviesen todavía clasifi-



cados, eran ya el fundamento de las ciencias y de las artes.

De ese modo se han podido vencer todos los obstáculos para construir la nave capaz de contener varios tripulantes atrevidos, ganosos de explorar el mar en todas sus direcciones.

Muchas tentativas fracasaron, sin duda, antes de conseguir tamaña empresa; pero todo debía esperarse del raciocinio del hombre, deseoso de perfeccionar el tronco ya labrado y ahuecado. Sí, amiguitos míos; informada ya la industria en los principios de la Mecánica, trata de construir — valgámonos de la expresión de la Escritura Sagrada — un arca, y arca con efecto es la nave, porque sirve para contener, y como ha de transportar en el agua, su volumen debe estar en relación con su peso para que flote; su figura ha de ser á propósito para que conserve siempre la misma posición y para que corte la masa de líquido. Ya veis que la nave, considerada así, no es más que una balanza.

La figura quedó también determinada, porque la impuso Naturaleza: es la figura del pez que ha venido copiándose desde las construcciones primitivas, porque la experiencia demostró que ninguna otra figura llenaba las condiciones que el arca requería. La experiencia, pues, ha dictado reglas para construir un pez voluminoso de madera, es decir, de poco peso con relación á su tamaño, para que flote con carga y tripulación;



bastante sólido, para que resista el ímpetu del viento y de las olas; perfectamente simétrico, para que permanezca en equilibrio; afilado en sus extremos, para que corte con facilidad la masa de líquido.

Como veis, se trata de complicadísimo problema, cuya solución supone conocimientos científicos para guiar á la mano constructora; no hay duda que si la Geometría y la Mecánica deben mucho á la navegación, también á la Geometría y á la Mecánica debe la navegación el señorío de los mares.

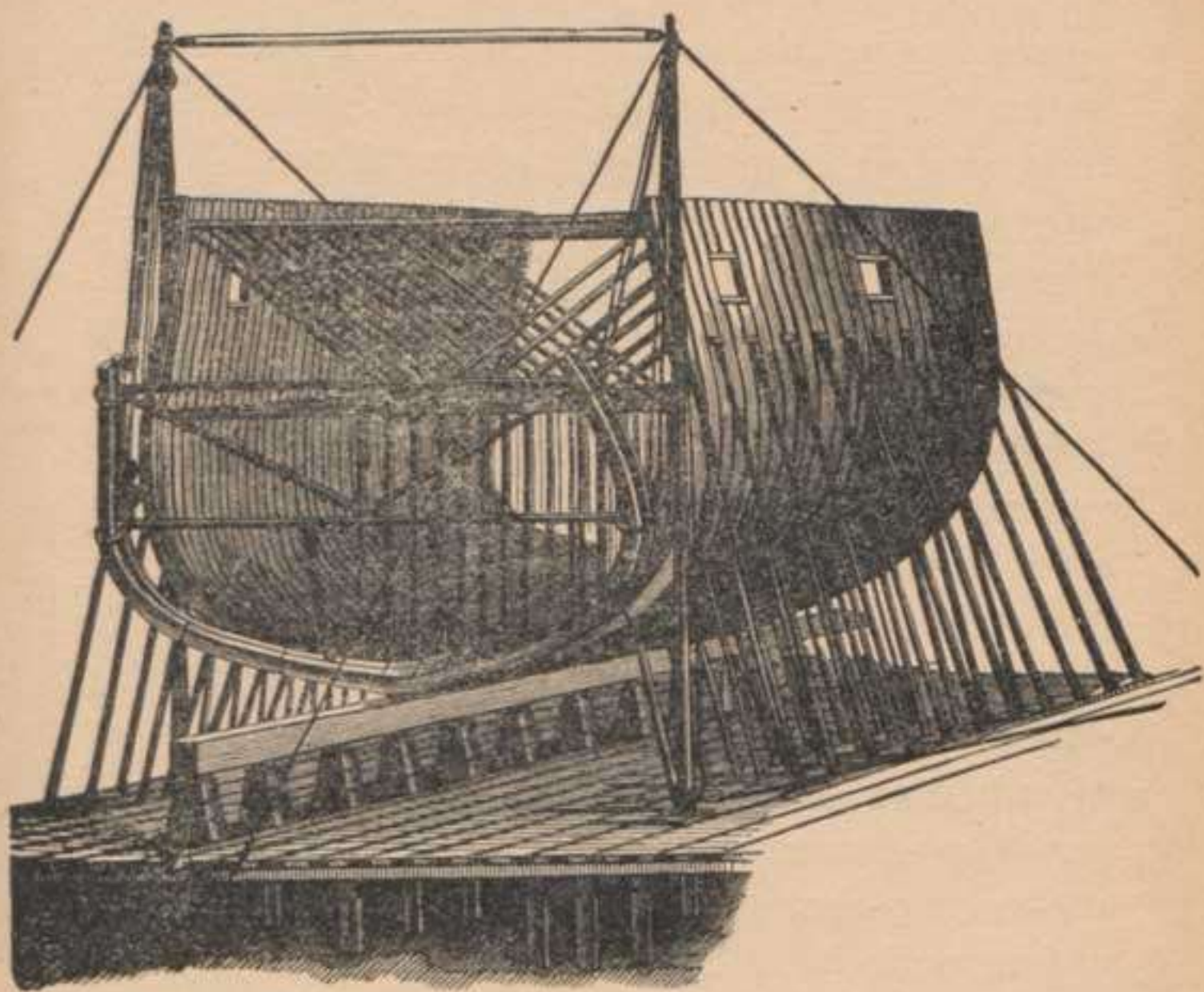
Voy á daros á conocer, aunque por sucinta manera, la construcción de la nave debida ya á civilizado artífice, para lo cual vamos á visitar un astillero, como anteriormente hemos visitado el taller en la ranchería del salvaje.

Se trata de construir verdadero edificio con su cimientó, la quilla, sobre la que descansa todo el armazón de cuadernas y de puentes; en la quilla, que mide toda la longitud de la nave, se empalman las cuadernas, sistema de costillar que determina la figura de la obra; y para que las piezas queden unidas en sólida trabazón, se refuerzan con poderosos herrajes, los travesaños, los puntales, las vigas y las tablas. Esta obra constituye lo esencial de la nave, puesto que todas las demás piezas que forman el casco son tablas adaptadas al costillar, y calafateadas después para que el agua no penetre. Digo que las cuadernas ó costi-



llas determinan la figura de nuestro pez de madera — monstruo sin vida —, porque si miráis el plano de flotación, veréis el contorno de un pez mirado verticalmente.

Ahora conviene estudiar por separado la cua-



Armadura de un buque.

derna, por ser precisamente la pieza que determina la figura de la nave; la cuaderna se compone de dos maderos iguales — *costillas* — en longitud y en curvatura, maderos que partiendo



de la quilla vienen á terminar en el borde de la nave formando ángulo, cuyos lados son curvas irregulares; y como esta serie de curvas no han sido ideadas por el hombre, sino impuestas, según ya dijimos, dado el objeto de la construcción, dichas curvas varían en cada parte del casco correspondiente al cuerpo del pez: las más próximas á la popa — cola del pez — forman ángulos muy agudos, ángulos que abren á medida que van acercándose al centro — vientre del pez — y que vuelven á ir cerrando en la proa — cabeza del pez —; ese es el contorno del pez, mirado verticalmente.

Estudiando esas líneas caprichosas de la Naturaleza, el raciocinio encontró también medio para determinarlas, cuyo procedimiento consiste en circunscribir la figura irregular en la regular conocida, operación del dominio de la Geometría; y con cálculo ajustado á fórmula matemática se ejecuta en el pensamiento la obra, se traza en el papel, y el obrero la construye; es decir, que la mano constructora obedece al plan concebido en el pensamiento, á la vez que el pensamiento comprueba su obra en la experiencia: ved cómo en ambos casos interviene el raciocinio que corrige, depura y perfecciona.

Ya el hombre medianamente ilustrado tiene medios para construir poderosa embarcación tripulada por varios remeros, y costeando, puede recorrer dilatadas regiones, adonde le llevarán



sus atrevidas empresas; dejémosles que se internen mar adentro si se dedican á la pesca, ó para seguir otros rumbos descubriendo tierras desconocidas con propósito de cambios lucrativos, ó quizá con intenciones hostiles, buscando el medro por la fuerza y la rapiña. Nosotros continuaremos buscando el progreso de la navegación.



## VII

### La ciencia bosquejada por el raciocinio.

Quedamos, amiguitos míos, en que la mano constructora no ejecuta sino obedeciendo al plan que el pensamiento concibe; que el pensamiento á su vez no lleva á cabo la obra, es decir, no la termina, sino comprobándola con la experiencia, y que, en ambos casos, interviene el raciocinio para depurar, corregir y perfeccionar.

Perfeccionar : yo bien quisiera daros á conocer toda la extensión de esa palabra; pero nos vamos á confundir con teorías muy abstrusas que no son de este lugar y que, además, exigen preparación conveniente. Contentaos por ahora, amiguitos míos, con esta breve idea sobre la perfección, idea que, después de todo, ha de resultar defectuosa :

— Solamente lo inmutable es perfecto; ó, de otra manera, una obra es perfecta cuando nada tiene que corregir : entonces lo perfecto no puede ser obra del hombre, que, además de no ser inmutable, siempre está corrigiendo sus obras; esto consiste en que tanto ellas como el hombre mismo, no pasan de la categoría de perfectibles; progresarán el hombre y sus obras, pero nunca alcanzarán la perfección.



Puede ser, amiguitos míos, que no entendáis esa teoría, y os confieso con sinceridad que, si así es, renuncio á que la comprendáis en otra forma, para volver á repetir que el hombre aspira á la perfección con todo el anhelo de su alma, sin poder conseguirla, y que en esto precisamente consiste su trabajo para el perfeccionamiento que realiza aquí en la Tierra; luego en la mente del hombre está la noción de lo perfecto. Desde este punto de vista, el hombre vale más que toda la Naturaleza y sus peregrinos encantos. ¡Si el hombre, amiguitos míos, ha sido hecho por Dios, á su imagen y semejanza!, y no dijo Dios lo mismo de todo lo creado. Y acaso por eso, por ser el hombre superior á todo lo creado, al fijar sus ideales en la ciencia, se pasa muchas veces de listo buscando en su naturaleza propia lo que no existe, esto es, ni la perfección ni la exactitud; allá va un ejemplo :

— Cuando queremos trazar una línea irregular determinada, empezamos por sentar, como base, una línea recta; y tomando distancias en toda su longitud, acabamos por describir la irregular propuesta; con el mismo procedimiento describimos un contorno. Por mejor manera, sin duda, os dirá eso mismo la ciencia; y os equivocáis al creer que el resultado obtenido sea ni perfecto ni exacto.

Fácil es también, amiguitos míos, que yo vaya desacertado para buscar el origen de la Geome-



tría, porque si la línea recta trazada con alguna exactitud requiere conocimientos teóricos y procedimientos experimentales, la línea recta no es el fundamento de la Geometría; aunque tampoco se pueda negar que, si la mano no consigue trazarla, esa línea existe en la mente del hombre: esa línea es la distancia más corta entre dos puntos. ¿Pero quién es el que mide con exactitud esa distancia?

Esa línea no la da Naturaleza: ni aun la visual que dirigimos al punto donde miramos traza el camino más corto.

Ahora, si en alta mar tomamos espacio abierto y el sol se halla en el cenit, irradiando por todas partes igual intensidad de luz, entonces la revolución de la visual describe un círculo en el horizonte y media esfera en la techumbre de la bóveda celeste; aquí la visual, línea intangible, ha desempeñado oficio de radio: el círculo, pues, es la única figura regular aparentemente exacta que nos da Naturaleza.

¿Podremos admitir, de este modo, que el círculo sea la figura que ha servido de base á la Geometría, como ciencia exacta? Por de pronto, aquí tenemos la idea generadora del compás; y obtenida la circunferencia, veamos lo que necesariamente sobre ella el pensamiento ha discurrecido.

Suponed trazada esa curva cuyo centro está señalado: si coloco un hilo bien tirante, que coin-



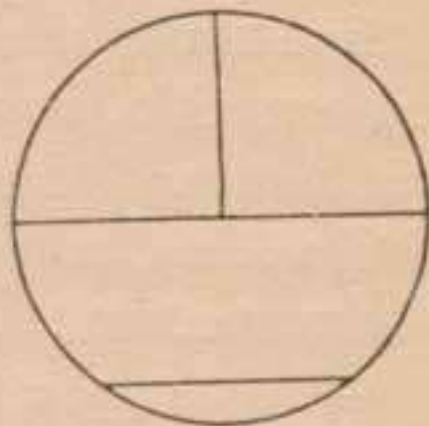
cida con ese centro, adquirimos ya, aunque imperfectamente, conocimiento práctico de la línea recta, porque esa línea está situada sobre tres puntos en la misma dirección.

Notad también que esa línea, pasando por el centro de la circunferencia, cualquiera que sea su posición, la divide en dos partes iguales; ya tenemos otra noción utilísima : la del diámetro.

Ahora veréis cómo, partiendo de la base de la igualdad, resolvemos prácticamente algún problema :

— Si tomamos con el compás una medida mayor que la mitad del diámetro, y haciendo centro en un extremo de aquél trazamos en la parte superior de la circunferencia un arco, y después hacemos lo mismo apoyando el compás en el otro extremo, quedará señalado un punto de intersección; y la línea que una ese punto con el del centro de la circunferencia, dicho está que divide en dos partes iguales al diámetro y á todas las cuerdas paralelas á él : tan evidentemente gráfica es esta operación, que no necesita demostrarse.

También resulta de la mayor evidencia que esa línea, bajada desde el punto de intersección al centro de la circunferencia, es perpendicular al diámetro y á todas las cuerdas paralelas, de lo cual resultan también ángulos iguales á un lado



Circunferencia.



y á otro, ángulos que, siendo formados por perpendiculares, llamamos rectos.

Por deducción práctica averiguamos también que dos diámetros perpendiculares forman cuatro ángulos rectos, y que dos diámetros que se tracen dentro de una circunferencia, aunque no sean perpendiculares, formarán siempre cuatro ángulos, desiguales los adyacentes é iguales los opuestos por el vértice, pero cuya suma vale cuatro rectos.

Si me dais una circunferencia cuyo centro no sea conocido, nos será ya fácil encontrarlo, porque hemos visto el medio de trazar una recta que divida á la circunferencia en dos partes iguales. Veamos cómo :

— Cortando con una perpendicular el punto medio de cualquier cuerda, queda dividida la circunferencia en dos partes iguales, ó, lo que es lo mismo, he trazado un diámetro en el cual se halla el centro; y como puedo continuar trazando diámetros de ese modo, y todos ellos han de cortarse en ese punto, claro es que ese es el centro que buscamos.

Estos problemas, y otros muchos, sencillísimos, tenían frecuente aplicación en el taller del mecánico; y cuando labró la primera piedra para el molino ó construyó las ruedas para facilitar el arrastre del carro, conocía las líneas que se trazan dentro y fuera de la circunferencia: sí, el mecánico era ya, sin duda alguna, geómetra; y de



los ángulos rectos, formados por diámetros perpendiculares, tomó la idea de la escuadra, que substituye ventajosamente al compás para las aplicaciones prácticas.

Prácticamente también pudo ir deduciendo el mecánico-geómetra la relación entre la circunferencia y el diámetro, deducción que, como es natural, obtendría por tanteo cuantas veces aplicara un hilo sobre la expresada curva. Aunque ese procedimiento no diera resultado de matemática exactitud, veía que el diámetro estaba contenido tres veces, y un poco más, en la circunferencia; es decir, que desarrollada en línea recta, contenía tres diámetros y un poco más, y que ese poco estaba contenido siete veces en el diámetro.

Claro es que esas medidas no son exactas, porque no lo son las figuras, ni seguro el procedimiento empleado para medir; pero, por modo abstracto, suponiendo exacta la figura y aplicando el cálculo matemático — el raciocinio de la ciencia matemática — se ha descubierto — con inexactitud tan insignificante como se quiera, pero nunca perfecta — la relación entre la circunferencia y el diámetro: éste está contenido en aquélla 3,1415297 veces. Hallada esta relación, deducimos otro resultado muy importante: el diámetro contiene 114,5955758 partes de las 360 en que, convencionalmente, ha sido dividida la circunferencia; el radio, por consecuencia, contiene 57,2957787 de dichas partes. Estos datos son pre-



ciosísimos, porque ya podremos averiguar distancias midiendo las aberturas de los ángulos; el radio podrá servirnos también de unidad de medidas longitudinales y hasta de base para determinar triángulos.

Esa división en partes iguales de la circunferencia puso en el pensamiento la idea general de las líneas proporcionales, porque así como todos los arcos comprendidos en los grados de todas las circunferencias son proporcionales entre sí, lo son también todas sus cuerdas; y, por consiguiente, son proporcionales entre sí todos los lados de cualquier polígono semejante inscripto en cualquier circunferencia; así, la proporcionalidad de las líneas nos lleva á formar figuras semejantes para resolver problemas de Geometría por medio de sencillas proporciones; por ese medio medimos distancias y tomamos alturas teniendo una base conocida.

Suponed que nos hallamos en la margen de río caudaloso, y que necesitamos averiguar la distancia desde esta margen al pueblo que se divisa. Pues tomemos por base en el terreno una distancia cualquiera : desde los extremos de ella dirijamos visuales á un punto saliente, á la torre, por ejemplo; y con un semicírculo graduado, cuyo diámetro se superponga á la base, veamos los grados que por uno y otro extremo acusan las visuales; con estos datos está el problema resuelto.

Conocemos un lado de un triángulo — la base,



— la suma de dos ángulos medidos, y la del tercero también, pues éste vale la diferencia de esa suma á dos rectos. Ahora, si la base tomada en el terreno mide 50 metros, la representamos en el papel por 50 milímetros, y levantamos sobre esta base proporcional ángulos iguales á los de las visuales; así trazamos un triángulo semejante al que forma el punto de la torre con la base de 50 metros: ya la proporción es sencilla, porque tantos milímetros como tenga cada lado del triángulo trazado en el papel, tendrá en metros cada lado del triángulo que nos propusimos medir; y, por consiguiente, medida está la distancia desde la margen del río á la torre.

Ese problema sencillísimo fué llave maestra para el geógrafo que iba midiendo hasta entonces la Tierra paso á paso. Con ese problema podían medirse con aproximada exactitud los terrenos irregulares en su figura: era cuestión de dividirlos en triángulos; todo triángulo, como sabéis, es la mitad exacta de un cuadrilátero-paralelogramo, cuya área se mide multiplicando la base por la altura; luego el triángulo será la mitad del resultado de esa multiplicación, ó, lo que es lo mismo, la medida del triángulo se obtiene multiplicando la base por la mitad de la altura, ó su altura por la mitad de su base.

Resuelto ese problema, sencillo, pero pretencioso, la Geometría encuentra estrechos los límites del taller del mecánico; ya le enseñó á formar



paralelas en el listón; así dispuso los pies derechos que sostienen el edificio; así las vigas que se apoyan en los puntales; le enseñó á trazar ángulos rectos, y los agudos y obtusos de valor determinado; á trazar con exactitud la circunferencia, á dividirla en partes iguales; le enseñó á determinar la simetría para dar á la construcción condiciones de solidez; le enseñó á formar las ruedas para el carro, la cruz del aspa para el molino, y á labrar la pesada muela; por último, le enseñó á delinear todas las piezas de la noria. ¿Qué más puede exigir el mecánico á la Geometría?

Mas no ha llegado aún la hora de remontar el vuelo la Geometría, y es justo que también recorra las extensiones del espacio; así como se ha ocupado en medir la Tierra, recorrerá la espaciosa esfera celeste para tomar distancias de relación.

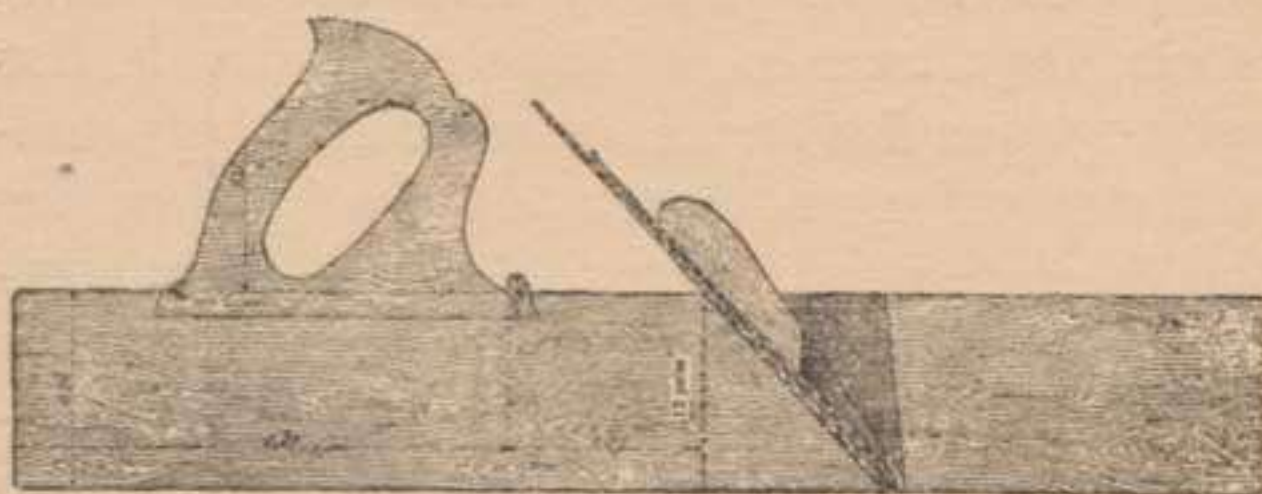
Ved cómo la teoría y la práctica — el pensamiento que discurre y la mano que ejecuta — trabajan de consuno por la ciencia: el uno descubre las relaciones y las leyes de los hechos; la otra emplea la fuerza muscular, á la que guía el ojo experimentador.

El sabio, por más que tuviese en su pensamiento idea de la exactitud, no encontraba el signo tangible; el obrero, labrando, dirigía visuales para determinarla aproximadamente; así construyó la regla y la escuadra, instrumentos cuya



aproximada exactitud pudo muy bien comprobar en la tensión de una cuerda, estando la tirantez en relación directa con la rectitud.

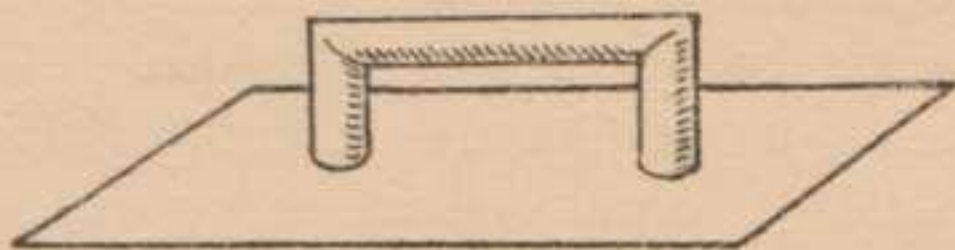
Una vez comprobadas las líneas rectas, comprobó también las superficies planas; y obtuvo



Garlopa.

otras herramientas utilísimas, como el cepillo, la garlopa, la llana...

No hay necesidad, amiguitos míos, de esfor-



Llana.

zarse para comprender cómo las ciencias de aplicación se han desarrollado con la industria, al par que la industria ha progresado con las ciencias de aplicación: he aquí también cómo el obre-



ro ha hecho prácticos, en lo posible, los ideales del sabio.

El obrero veía prácticamente que la revolución de una recta, fija en un extremo, daba distancias iguales; que esa línea, el radio, si se prolonga hasta tocar en un punto opuesto de la circunferencia, deja trazado el diámetro, suma de dos radios; y que dos líneas que se cortan perpendicularmente forman cuatro ángulos iguales; que dos líneas perpendiculares á una tercera, conservan entre sí igual distancia; estas operaciones prácticas venían á comprobar las bases de igualdad ó identidad, de donde partían los raciocinios del sabio especulativo.

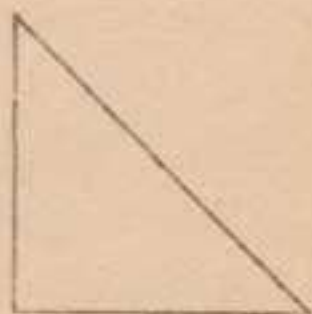
Habréis notado que cuando discurremos no hacemos otra cosa que establecer comparaciones sobre la base de la igualdad : si digo que dos cosas iguales á una tercera son iguales entre sí, es porque distingo tres cosas enteramente iguales en la relación en que las considero; si digo que el todo es mayor que la parte, es que distingo la diferencia que resulta de la comprobación de una igualdad; cuando cuento dos y dos, cuatro, expreso que dos y dos es igual á dos y dos. Pues basándose en esas verdades, cuyas expresiones son evidentes, es como discurre el pensamiento.

Esas verdades, así expresadas, son los axiomas en que se fundan las ciencias; y nuestro juicio discurre partiendo de los axiomas y vol-



viendo á ellos al terminar el raciocinio: si afirmáis que los tres ángulos de un triángulo valen dos rectos, es porque habéis recorrido una serie encadenada de igualdades contrastadas, digámoslo así, unas con otras; las que ibais descubriendo con las que os eran ya conocidas: á esta costa adquirimos la evidencia de razón, y á esto llamamos raciocinar.

El geómetra práctico sabía por manera experimental que los tres ángulos de un triángulo valen dos rectos: conocía este teorema porque la experimentación continua le demostraba que toda superficie en su mismo plano, cerrada por cuatro lados, ya sea regular ó irregular, tiene cuatro ángulos, cuya suma equivale á cuatro rectos, y todo triángulo es justamente la mitad de un cuadrilátero regular. Ya sabía, como nosotros sabemos, que el triángulo



Triángulo rectángulo de catetos iguales.



Triángulo rectángulo de catetos desiguales.

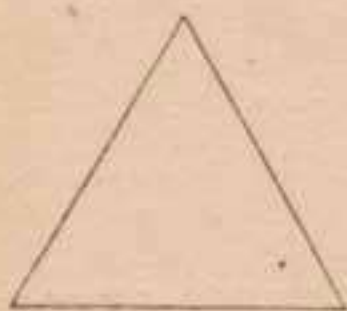
rectángulo cuyos catetos sean iguales, es la mitad del cuadrado; que el triángulo rectángulo de catetos desiguales es la mitad del paralelogramo rectángulo; que el triángulo equilátero y el isósceles son la

mitad del rombo; que cualquier triángulo escaleno es la mitad de un romboide, y que toda figura irre-



gular de cuatro lados se divide en dos triángulos desiguales, comprendidos uno y otro en los anteriores.

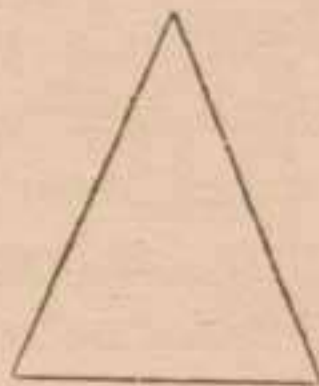
Claro es que ese conocimiento suponía el de la



Triángulo equilátero.

base de dos líneas rectas, cayendo una sobre otra y formando dos ángulos, que son iguales cuando no se inclinan más á un lado que á otro, y que forman ángulos desiguales cuando caen oblicuamente, pero que suman dos rectos;

que si bajan dos perpendiculares á una recta, son aquéllas paralelas, porque, no inclinándose más á un lado que á otro, guardan entre sí la misma distancia; que si dos paralelas cortan perpendicularmente á otras dos paralelas, que guardan entre sí la misma distancia, resulta que las cuatro líneas forman el cuadrado, figura cuyos lados y ángulos son iguales; que si las paralelas no guardan entre



Triángulo isósceles.



Rombo.

sí la misma distancia, forman el rectángulo, cuyos lados paralelos son iguales y sus cuatro ángulos rectos; que si las paralelas caen oblicuas, conservando iguales distancias entre sí, forman el rombo, y

si no la guardan, el romboide. Éstos, como sa-



béis, son los cuadriláteros paralelogramos, figuras regulares de cuatro lados.

Repito, amiguitos míos, que el geómetra práctico, si no había formado aún cuerpo de doctrina de la ciencia, demostraba prácticamente el enunciado de ese teorema — los tres ángulos de un triángulo valen dos rectos —, porque decía: Cortando el cuadrado con una diagonal, si uno los dos vértices opuestos, divido el cuadrilátero en dos triángulos iguales, lo cual es evidente, porque sus ángulos y sus lados, dos á dos, son iguales, de modo que las figuras coinciden. Discurriendo ahora separadamente sobre uno de esos triángulos, sé que es ángulo recto este en cuyo vértice se unen las dos perpendiculares; y como los otros dos ángulos valen cada uno la mitad de un recto, porque la diagonal ha dividido en ángulos iguales cada uno de los opuestos, no hay dudá que los tres ángulos de este triángulo valen dos rectos.

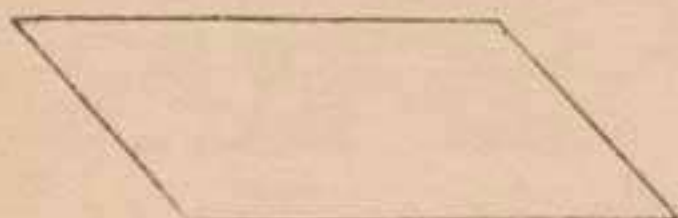
Ya sé que no se prueba así la proposición, porque sólo he discurrido sobre un triángulo determinado, y la proposición es general.

Pero aquí está el rombo, figura regular y simétrica: la diagonal también lo divide en dos triángulos iguales; y como la suma de los cuatro ángulos del rombo vale cuatro rectos, y la diagonal divide en ángulos iguales los dos opuestos, resulta que también los tres ángulos de cada uno de estos triángulos valen dos rectos.



Figura regular y simétrica es también el rectángulo, y como en él hay la base del ángulo recto en cada uno de los dos triángulos, y son iguales los ángulos alternos complementarios, es decir, que los dos suman un recto, resulta que también valen dos rectos los tres ángulos de cada uno de estos triángulos.

Queda el romboide, figura regular, pero no simétrica, que, dividida por la diagonal en dos



Romboide.

triángulos iguales, suman los tres ángulos de cada uno también dos rectos, porque está averiguado que dos rectas obli-

cuas paralelas, que cortan los dos puntos extremos de otras dos paralelas, forman cuatro ángulos suplementarios, dos á dos, cuya suma vale cuatro rectos.

La proposición general queda así probada, porque todo triángulo es la mitad de la superficie comprendida, ó por el cuadrado, ó por el rombo, ó por el rectángulo, ó por el romboide; y no negaréis que el geómetra práctico demostró gráficamente el teorema.

Dispensad, mis queridos niños, si he abusado de vuestra atención, fatigándola sin distraerla; pero debéis considerar que la Geometría es la lógica de la construcción, y, por lo tanto, pertinente en el asunto que nos ocupa. Si nuestro pez



de madera ha merecido los honores de relacionarse con la Mecánica, y si la industria ha ido mejorando sus condiciones, es porque la Geometría, considerándole como cuerpo, estudió la forma conveniente para que cumpliera el fin utilísimo de la navegación. Además, si la Geometría es indispensable á la buena construcción, es también imprescindible para determinar las relaciones de la nave con el espacio donde vemos el Sol, la Luna, las estrellas, que servirán de auxiliares poderosos á la navegación, cuando el navegante se decida á separar el rumbo de las costas.

Pero antes vamos á estudiar el remo que más caracteriza á nuestro pez de madera.





## VIII

### La cola del pez.

Aunque ya lo sepáis, conviene repetirlo: la exactitud ó rectitud sólo se conciben en la abstracción pura; es decir, que la exactitud ó rectitud es el ideal á que nunca llega el hecho. Ni la cuerda más tirante ni el cuerpo más compacto se prestan á que tracemos una línea recta; ni la mano más segura, ayudada de la vista más sutil, tampoco logra trazarla. ¿No sabéis por experiencia que hasta la misma visual al punto donde va dirigida no es la que determina el camino más corto? Cuando vemos en el horizonte el Sol, á su salida y en el ocaso, no es el Sol precisamente el que vemos, sino su imagen: ved cómo la misma Naturaleza nos engaña, ó acaso nuestros sentidos; la verdad es que nunca podemos asegurar cuándo estamos en lo exactamente cierto. En prueba de que así es, poned una jofaina en el suelo y colocad una moneda de plata en el fondo; id retirándoos, puesta siempre la vista en la moneda; ya no veis más que un pedacito; un paso más, ya no la veis. Ahora echo en la jofaina el agua del jarro, y aparece la moneda á nuestros ojos. ¡Eh! ¿Se puede hacer caso de la rectitud de las visuales? Porque debéis tener en cuenta que



ese mismo engaño lo hace también la atmósfera al quebrar los rayos luminosos que desvían de su verdadero lugar los cuerpos; es decir, para los ojos que los miran. Cuando, ya hombrecitos, estudiéis Física, os explicaréis científicamente esos fenómenos de Dióptrica, ó refracción de la luz, y valiéndoos de un prisma de cristal descompondréis vosotros mismos el espectro de la luz solar en los siete colores del *arco Iris*: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violado; no otra cosa hace con los rayos del Sol el vapor de agua que constituye las nubes, cuando forma en la atmósfera el arco Iris.

Pero, en fin, bien ó mal trazada, el hombre tiende á describir la recta valiéndose de la visual; el carpintero pasando la garlopa por la madera que labra; el albañil al sentar el bloque en el muro que va levantando; el agrimensor cuando toma las nivelaciones del terreno; los tres dirigen continuamente visuales para convencerse: el primero, de que á la tabla ó al listón ha dado direcciones rectas con la garlopa; el segundo, de que la piedra escuadrada se coloca ordenadamente á la vertical y al nivel, después que la cabria la deja sobre el muro; el tercero, de que están puestas las miras de modo que resultan paralelas todas las nivelaciones, debiendo ser así, puesto que son horizontales.

También nosotros en el campo, sin llevar más instrumentos que nuestros propios ojos, tomaría-



mos y señalaríamos alineaciones rectas en dirección determinada; la operación es muy sencilla y de práctica utilidad : la aplicaríamos al estudio de un camino cuyo replanteo quisiéramos hacer, ó al de una línea telegráfica, para señalar los puntos donde habrían de clavarse los postes.

Manos á la obra : por el llano nos situaremos



... ó al de una línea telegráfica...

dos de vosotros y yo en puntos muy distantes — distancias al alcance de nuestra vista—, y colocado yo en el primer punto para dirigir mis visuales, llegaríamos los tres, obedeciendo vosotros mis ademanes de mando, á ponernos en fila, esto es, en línea recta; y una vez determinada la recta, yo, que me situé en el primer punto, pasaría al tercero para practicar la misma operación, obedeciendo ahora las indicaciones del que estuviese



colocado en el primer lugar ; así sucesivamente, alternando los tres y clavando estacas en nuestras respectivas situaciones, dejaríamos trazada en el suelo una línea recta de la longitud que nos propusiéramos.

Si el terreno fuese accidentado, pero accesible, sería cuestión de emplear más tiempo, porque serían más cortas las líneas parciales que iríamos formando con nuestros cuerpos. Ya veis si todo esto es sencillísimo.

¡Que si es sencillo! Ahora caigo en que para ejecutar esos trabajos no necesito de vosotros — aparte de que es muy grata para mí vuestra amable compañía —, siempre que yo tenga puntos fijos adonde dirigir mi visual. Ya sé que no tomáis por desdén ese arranque mío de fiera independencia : tenedla vosotros también; y sin auxilio de nadie, trazad sobre el terreno esas alineaciones rectas como las traza todo ser viviente cuando llega el caso, aunque no se dé cuenta de lo que ejecuta.

Observad que caminando por la llanura, si ponemos constantemente la vista en el punto adonde nos dirigimos, las huellas que dejamos impresas en el suelo marcan una dirección recta. No lo extrañéis; es muy sencilla la explicación de este hecho. Suponiendo recta la visual, ó, á lo menos, casi recta, como á cada paso van nuestros músculos rigiendo la dirección de la vista, resulta la línea recta trazada con los pies.



¡Los pies, amiguitos míos, se convierten en instrumentos de Geometría!

Desde luego, las piernas forman el compás; con los pasos se miden aproximadamente largas distancias; solamente que como todas las piernas no son iguales, cada individuo hace el cómputo de sus pasos con la unidad de longitud determinada : la vara ó el metro; y los hombres prácticos en estas operaciones averiguan, por sus pasos, la distancia que media entre dos puntos con aproximación sorprendente.

Pero no es el de compás el oficio que desempeñan los pies ahora, en este caso concreto, que vamos á poner en juego las visuales.

Vaya, por mucha extrañeza que os cause, no podéis dudar de un hecho evidente : en este caso, los pies desempeñan oficio de lápices, puesto que señalan ó trazan una dirección, que es la línea, con la circunstancia de que, habiendo resultado recta, los pies han debido sujetarse á otro instrumento.

— ¡Á la regla!

— Indudablemente : á la regla, que es aquí la visual.

Bajo este punto de vista también los animales son geómetras : cuando llamáis al perro para darle cualquier golosina, ved la huella de sus pasos : marcan la dirección en línea recta. Si el toro emprende la carrera para acometer á un objeto que está fijo, traza con sus patas la línea recta.



Pero ahora caigo en el motivo de la extrañeza: fué la movilidad del ser viviente que contrasta, sin duda, con la idea de rectitud.

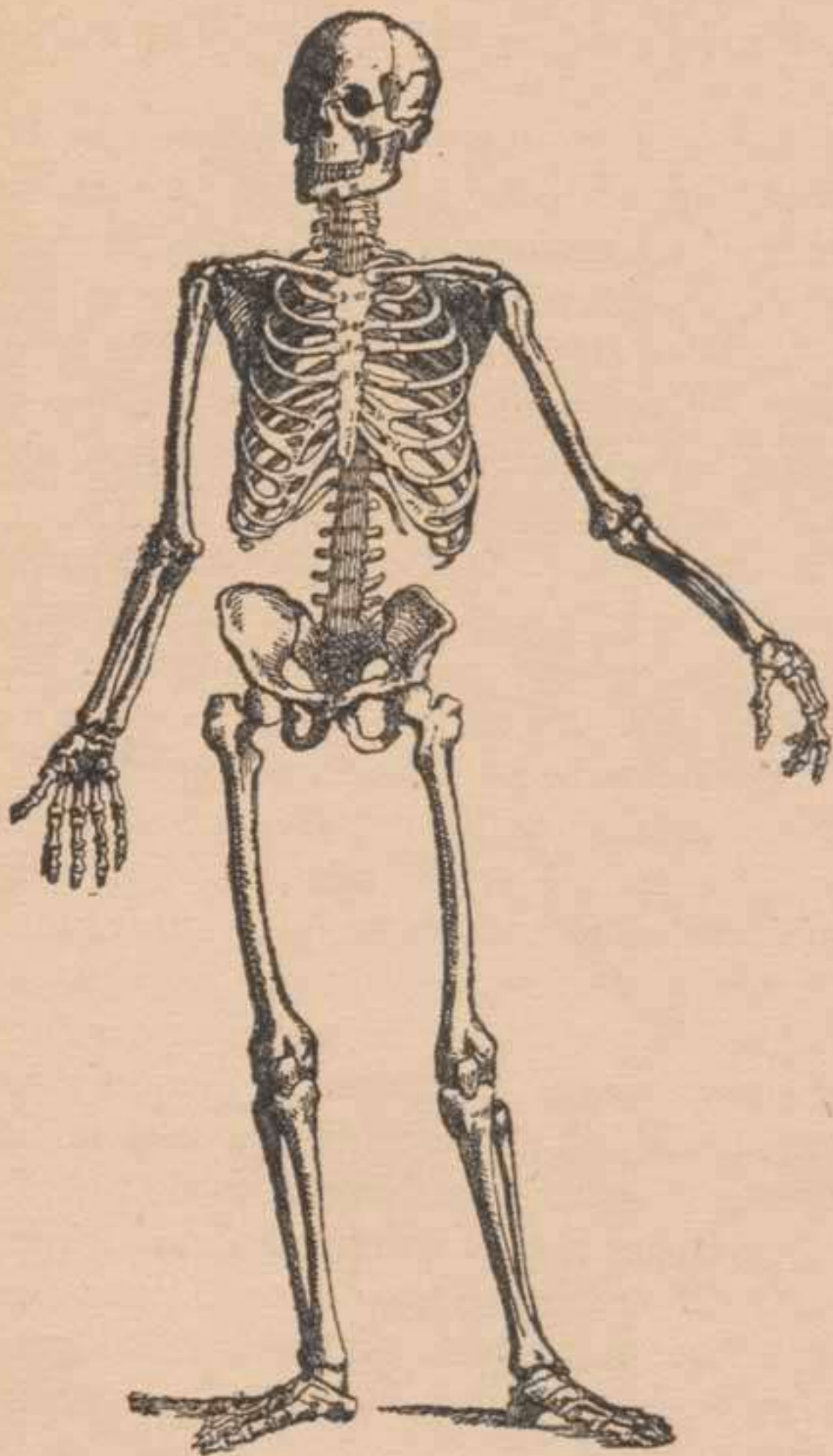
Ahora, si quisiéramos averiguar por qué todos los animales pueden variar á cada momento de dirección, ya caminen por la tierra, ya recorran el agua, ó ya hiendan los aires, sería preciso estudiar un poco el organismo animal. Entonces os convenceríais de que sus movimientos son consecuencia de la estructura y modo de estar colocados sus diversos miembros.

La locomoción en el organismo animal depende de su estructura; y como es simétrica, la recta es la dirección propia; los músculos dan la dirección de la fuerza, y el hueso obedece á ese impulso porque la articulación se lo permite: moved el cuerpo en todos sentidos, y notaréis esas articulaciones así en los miembros como en el tronco, articulado por sus treinta y dos vértebras.

Pero el mecánico, por más que discurrió y discurre, no ha podido ni puede dar al pez de madera ese organismo maravilloso; y es que el hombre, si ha sojuzgado la materia á su voluntad y capricho, no puede de ningún modo animarla. ¡Si Dios se ha reservado en absoluto el imperio de la vida! La inteligencia humana, que á cada paso encuentra insuperable barrera limitando su acción, tiene que reconocer al fin el misterio de la sabiduría infinita.

Esa altísima consideración, amiguitos míos, no





Esqueleto humano.



tiene otro objeto que el de haceros ver que el hombre no debe jamás desvanecerse por los triunfos que consigue.

Nosotros, en el bajo vuelo que damos con nuestro raciocinio, vamos á ver cómo la industria ha sabido dar articulaciones á la materia, con lo cual, si no ha descubierto el secreto de la vida, ha logrado, por medio de esas articulaciones, hacer más fácil la dirección del movimiento.

Vamos... decidme, ¿podríais vosotros abrir y cerrar á cada momento, como lo hacéis, esa puerta, si las hojas no giraran sobre los goznes?

Puesto que dije la palabra *gozne*, ya nos encontramos con una articulación.

¿Sabéis el papel que desempeña ese gozne?

Convenido : obliga á la hoja á permanecer en el marco; pero su objeto principal, el oficio más importante que desempeña, es el de mantenerla en equilibrio para que vosotros podáis abrir y cerrar empleando solamente la fuerza de un dedo. Suponed que la hoja estuviese fuera del marco permaneciendo de pie. ¿No caería si vosotros la empujaseis? Pues los goznes sirven para sostenerla en posición vertical aun cuando vosotros la empujéis.

Ved con qué facilidad gira la hoja : hasta el gato la mueve al pasar — ¡qué digo el gato! — ; ligera ráfaga de aire basta para abrir y cerrar una puerta. Si al abrirla ó cerrarla se emplea más fuerza de la que se necesita, girará con más velo-



cidad, empujando á la vez la columna de aire que la rodea, y del mismo modo el aire empuja á los cuerpos que se hallan próximos. Nada más fácil de comprobarse : acercaos y veréis, ó mejor, sentiréis, cómo el aire movido por la hoja os sacude en el rostro; y veréis ahora que se mueve ese pedacito de papel que está en el suelo. Vuestra excelente educación hace innecesario recordaros, para que jamás incurráis en falta, que las puertas deben dejarse, abiertas ó cerradas, en la misma situación que las encontramos al entrar en habitaciones de personas extrañas, y que es muy grosero dar portazos.

Pues el gozne es la articulación elemental de todo organismo, ya esté animado con la vida, ya obedezca al impulso de un motor : animal ó máquina, sus funciones de locomoción se desempeñan por el girar de sus goznes; y la máquina debida á la industria será tanto más perfecta, ó estará tanto más perfeccionada, cuanto más se apropie las funciones del ser animado.

Ahora veremos, amiguitos míos, si es ó no racional la suposición de que el hombre, tratando de perfeccionar la nave, persiguiera siempre como ideal al pez.

Al pez, para moverse en todas direcciones, le bastan sus aletas, como le bastan sus remos á la nave.

Observad : siendo las aletas del pez de igual longitud y forma — suponemos también de igual



materia —, y lo mismo los remos de la nave, presentando el agua por ambos costados la misma resistencia, claro es que la dirección que imprime la fuerza muscular del pez y del hombre se determina en línea recta. Suponed que una palanca — un remo, una aleta — queda en reposo : entonces no marcharán en línea recta, sino describirán, el pez y la nave, una línea circular sobre el punto donde funciona la fuerza.

Ahí tenéis el cambio de dirección, que será aquella en cuyo punto del arco vuelvan á funcionar las dos palancas; así el pez y la nave hacen sus viradas según el arco que describen. Se dice virar en redondo cuando han descrito el círculo completo.

Seguid observando y notaréis la ventaja que lleva el pez á la nave para ejecutar sus movimientos : el pez, sin dejar de remar con las aletas, cambia de dirección á cada instante; hasta describe círculos complejos, porque pone en acción todos sus músculos, como hacen los seres organizados para la vida, en tanto que con la nave, instrumento inanimado, sólo se emplean sus aletas artificiales.

Pues del mismo modo que vosotros miráis atentamente el pez revolviéndose en la pecera, y en la forma de su cuerpo, en sus palancas, en su manera de agitarlas encontráis la razón de la facilidad de sus movimientos, así también el mecánico hacía las mismas observaciones, y fiján-



dose en la facilidad con que el pez ejecuta el cambio de dirección, comprendió al fin que la cola era el remo más importante. Con efecto; el pez, para moverse, pone en acción la fuerza de todos sus músculos; y la cola, extremidad articulada, agitándose por sacudidas, es la que con más facilidad determina el cambio de dirección.

Pues también ese auxilio — la cola — aprovechará el mecánico para que la nave, sin dejar de ser impulsada en línea recta, varíe de rumbo.

¿Veis cómo la industria, estudiando la forma del pez relacionada con la locomoción, dió á la nave también la cola, pieza articulada, con el nombre de timón?

¿Y qué es, en resumen, el timón? Una hoja como la de la puerta, que movéis con tanta facilidad; una tabla puesta de canto en la trasera ó popa de la nave, encajada en goznes para que pueda girar á derecha é izquierda, así como la cola del pez.

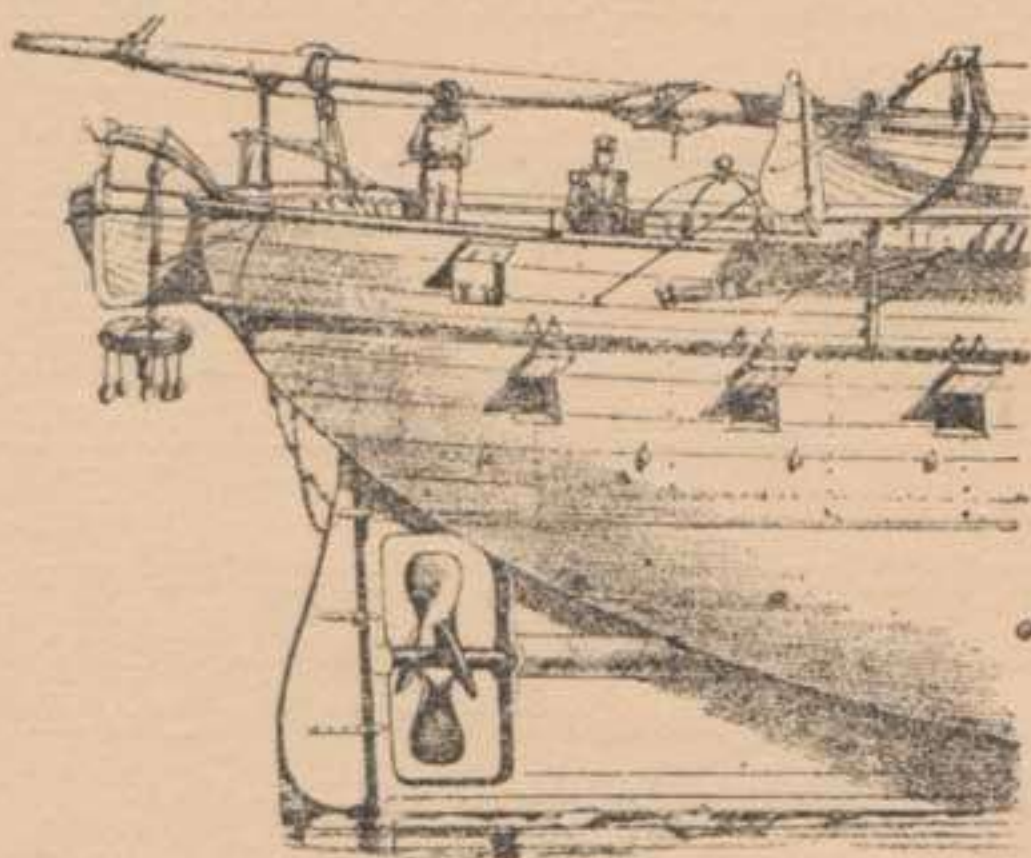
Pero si el mecánico consiguió poner la cola á su pez de madera, no vayáis á creer, amiguitos míos, que la cola artificial haya superado á la que dió Naturaleza, porque el timón no imprime movimiento; antes bien, lo retarda, en tanto que la cola natural, funcionando por sacudidas, cada vez que se mueve inicia nuevo impulso; el timón, para cambiar de rumbo, retarda el movimiento, porque ofrece resistencia, y la cola del pez, al dar la sacudida, obra como fuerza impulsora, al



propio tiempo que hace cambiar la dirección.

Observad, amiguitos míos, que cuando el timón gira á un lado, á ese mismo lado viene la cabeza del buque; y este hecho, así como el retardo de la velocidad, se explica por sencilla manera.

Acordaos que cuando metisteis la mano abierta



Hélice y timón de un buque de vapor

en el barreño lleno de agua, y con la palma primero, y después de canto, cortasteis el diámetro, notasteis que se necesita más esfuerzo para la primera operación que para la segunda, y que esto consistía en que la resistencia que oponía la mano era mayor en un caso que en otro. Pues, precisamente, amiguitos míos, el timón es la mano puesta de canto, si no se inclina á un lado ni á otro, y es la misma mano que presenta la



palma, cuando gira á uno ú otro costado; así, claro es que opone resistencia y retarda la velocidad, obligando á la cabeza — la proa — á ejecutar la virada. Considerado de este modo, el timón es el freno que obliga al caballo á marchar á voluntad del jinete.

Pongamos fin á la cola, mis queridos niños. Hemos visto cómo determinan la dirección en línea recta los seres animados, y por qué se verifican los cambios de aquélla; cómo la nave, obedeciendo á la voluntad del hombre, viene á ser una prolongación de su cuerpo, y cómo ha logrado perfeccionarla, apropiándole condiciones del pez.

Adoptada ya esa figura, la industria agotó los recursos del ingenio; y será fuerza buscar otros agentes que vengan á servir al monstruo sin vida que el hombre ha botado al mar.

Hasta ahora hemos considerado la locomoción producida por la fuerza propia del pez — la de sus músculos—, y apropiadamente la de la nave, movida por la fuerza muscular del hombre. El símil del pez, por lo tanto, ha concluído. Las palancas articuladas del pez y de la nave son ya insuficientes para el progreso del arte de navegar.



## IX

### El pez-pájaro.

Os dije, amiguitos míos, al hablar de la Naturaleza, que á sus sabios consejos debe el hombre cuantos progresos ha realizado en la industria. Es verdad que la motejé de estrafalaria, porque explica sus lecciones sin método, sin orden, sin concierto — como que no está dotada de razón, ni aun siquiera del instinto de que goza el más grosero de los animales — ; pero, en cambio, ¡cuán admirable la consecuencia que descubrimos en sus actos! En esta cualidad precisamente busca el hombre el apoyo para su razón.

En vano pretendería yo abusar de vuestra credulidad si os asegurase que los bueyes vuelan. Inútil empeño; estoy seguro de que, si la educación de que estáis adornados os impedía desmentirme, allá en vuestros adentros sospecharíais, no sin motivo, que bromeaba ó que me había vuelto loco.

¿Y por qué negáis rotundamente que los bueyes vuelan?

Porque consideráis á la Naturaleza como señora consecuenta, invariable.

Vosotros decís: El buey no tiene alas; sin alas ningún ser viviente puede volar; luego los bueyes no vuelan.



No habría medio humano para destruir ese poderoso silogismo.

Cierto, amiguitos míos; la Naturaleza no hace más que obedecer ciegamente al impulso dado por una inteligencia infinita, que ha dictado leyes para que se cumplan. Por eso nuestra razón, semejante á esa inteligencia, afirma leyes invariables en el mundo físico y en el moral. Amiguitos míos, ¡si la Naturaleza no es más que un instrumento de Dios!

Acostumbraos, queridos niños, á considerar de ese modo los fenómenos naturales, para que cuando perdáis los eslabones que unen las causas con los efectos — lo cual acontece con frecuencia, no solamente á nosotros, pobres pigmeos, sino á sabios de mucha talla —, podáis remontaros al origen, causa absoluta de todo. Acordaos de que para ir en línea recta al punto donde nos dirigimos, es preciso llevar la vista fija en él. ¿Qué sería de nuestra razón si no mirase siempre en su marcha ese punto luminoso que al hombre guía á lo infinito?

Pero volvamos al tema que antes os propuse.

Dije que la Naturaleza suele ser extravagante; pero no vayamos á creer que lo sea hasta el punto de permitir volar á un buey — cosa que de ningún modo estáis dispuestos á creer —, por más que consienta que el pez vuele y que el pájaro se sumerja en el fondo del agua.

Os aseguro esos dos hechos: he visto bandadas



de peces plateados salir del mar y surcar el aire, y he visto zambullirse á la gaviota para perseguir dentro del agua los peces de que se alimenta.

Y no pretendo que creáis solamente por mi palabra. Cualquier naturalista ó cualquier viajero que haya atravesado los mares de los trópicos, os asegurarán que hay peces voladores y pájaros que se zambullen : que éstos también nadan es indudable; no ignoráis que el pato y todas las aves palmípedas prefieren deslizarse por la superficie del agua á hendir el aire y recorrer la tierra. Esos pájaros son verdaderas naves.

Estos, llamémoslos caprichos de la Naturaleza, no destruyen, sin embargo, ninguna de sus leyes; antes más bien las afirman, viniendo á dar más fuerza y fundamento á la razón, porque si algún pez vuela como el ave, será que sus aletas son más poderosas, es decir, más fuertes los músculos que las mueven : ¿el ave hace otra cosa sino surcar la atmósfera, como el pez el agua, usando remos semejantes á los del pez, pero aún más poderosos, puesto que recorren un medio más sutil y tienen que vencer la mayor gravedad de su cuerpo? Ya sabéis que un cuerpo pesa más en el aire que en el agua.

Esas observaciones robustecerán el raciocinio de la Mecánica; pero me diréis que hasta ahora no se ve la inmediata aplicación de ellas para el perfeccionamiento práctico que perseguimos, toda vez que no pretendemos que nuestra nave vuele,



ni pretendemos tampoco que sea buzo como la gaviota.

No dudéis, amiguitos míos, sin embargo, que habiendo agotado el hombre todos los recursos de su ingenio buscando en la estructura del pez las condiciones marineras para la nave, así como surgieron de las aletas y de la cola las palancas articuladas—los remos y el timón—para impulsar el movimiento en línea recta y para desviar el rumbo, no encontrando por entonces, repito, otro agente fuera de la línea de flotación, es natural que pusiese sus miras, que observara, en los palmípedos esa majestuosa gravedad con que recorren la superficie del agua.

¡Qué ideas no habría de sugerir la figura del ánade para determinar gallarda construcción! ¡Qué nuevas trazas no habrían de ocurrírsele al constructor cuando al abrir el ánade sus alas daba mayor impulso al movimiento! ¿No pudo ocurrirle entonces la idea de que la nave fuese á un tiempo pájaro y pez?

¡Qué peregrina idea la de ponerle alas al pez de madera! Sí; alas, otros remos, móviles también, para que corten el aire. Á ser posible, esos remos hubieran sido de ligera pluma, lo mismo que la del ave, para imitar en todo el ala tenue y extensa. Si con plumas no pueden fabricarse esas alas, se fabricarán con lino; y así, la tela que sirve para cubrir el cuerpo humano, tendrá otra aplicación muy importante: será la vela, el ala



del monstruo sin vida que el hombre quiere perfeccionar.

Á buen seguro, amiguitos míos, que ocurrieron mil dificultades para manejar esa enorme ala; porque, por lo mismo que el aire es flúido mucho menos denso que el agua, varía con frecuencia de dirección, y otras veces su empuje es demasiado violento. Vosotros sabéis que las corrientes de aire, incluso las más violentas ó ciclones, se determinan por desequilibrios atmosféricos; el aire cálido se eleva, y el frío ó de inferior temperatura se precipita á ocupar el lugar de aquél : ése es, en síntesis sencilla, todo el fenómeno del viento. No, no es extraño que fracasaran muchas tentativas antes de que la vela fuese reconocida útil para la navegación.

Os veo impacientes, amiguitos míos, por obje-



Barca de vela latina.



tarme; y debéis hacerlo, que para algo ha de serviros la razón, cuando además hay materia para aplicarla; sí, os veo impacientes por decirme que las velas de los buques están fijas á los palos y sujetas á las bordas con cuerdas bastante fuertes.

Pues eso es lo que se hizo al fin para que sirviese la vela. De ese modo, estando fija, quedó expuesta al impulso del aire; quedó pasiva recibiendo la fuerza que, por mil dificultades, el ala — la vela — no podía vencer.

Conste que no garantizo el hecho. Dicen que cuando la codorniz pasa el mar, buscando en la emigración clima más templado, como su vuelo es corto, descansa á menudo sobre la superficie del agua; y que, para ir avanzando en su camino, levanta un ala y, manteniéndola fija, la convierte en vela para recibir el impulso del viento.

Ahí tenéis la vela latina usada en las costas de Levante.

Siempre, amiguitos míos, siempre vemos que observando se descubren las analogías de las cosas, se forman juicios y se sacan deducciones; que el hombre, aunque rudo, estudia, si no en el libro donde el sabio consigna con método la ciencia, en el libro donde Dios, con caracteres indelebles, ha consignado su infinita sabiduría: este libro es la Naturaleza.

El navegante que á costa de remar condujo su barca, discurrió el modo de poner á su servicio una fuerza impulsora que, á pesar de ser invi-



sible, se manifiesta unas veces suave, moviendo la copa del árbol; otras violenta é impetuosa, cuando troncha ó arranca de raíz el robusto tronco : tal es la fuerza del aire.

Considerad ahora la nave, amiguitos míos, sostenida por el flúido más denso — el agua — y envuelta en el flúido más sutil — el aire —: si la masa general de éste guarda su nivel, es decir, si las capas atmosféricas guardan el lugar que les corresponde por razón de las diferentes densidades, resulta la calma, estado que, como sabéis, es relativo, porque, poco ó mucho, la materia está siempre en movimiento.

Pero sobreviene notable desequilibrio; y las capas de aire, empujándose unas á otras, ponen en movimiento la masa general, masa superior al buque arbolado con sus palos y sus velas.

¿Qué resultará entonces? Que la nave se desliza por la tersa superficie empujada por el aire, el viento, cuya fuerza es más poderosa que la resistencia que el agua opone.

Ahora la experiencia debida á las observaciones vendrá á determinar de una manera precisa el modo de servirse del viento, que, cualquiera que sea su impetuosidad, no es más que el aire puesto en movimiento.

Y como las industrias se auxilián mutuamente, viene aquí de molde que comparemos el aspa del molino con la vela de la nave.

El aspa, compuesta de cuatro brazos que giran



sobre un eje; la vela, que sólo es un brazo fijo.

¿Por qué gira el aspa? Porque empujados sus brazos sucesivamente por el viento, vencen la resistencia que opone el peso de la muela.

¿Por qué se desliza la nave por la superficie del agua? Porque empujada la vela por el viento, vence el buque la resistencia del agua.

La industria, trabajando asiduamente, consigue lo que se propone, siempre que el pensamiento no se oponga á las leyes de la Naturaleza; cuando se corrige un plan, es porque se ha visto que no está ajustado á las reglas que ella nos dicta.

Acaso el mecánico luchaba con la idea de que el monstruo inanimado tuviera las condiciones del pez volador — soñaba — ; después se hubiera contentado con ponerle alas móviles — tampoco consiguió su objeto — ; pero fijando las velas á los palos, sujetas á las bordas de la embarcación, realizó lo que pretendía : aprovechar la fuerza impulsora del viento. El mecánico persigue todavía la idea de dar dirección á los globos aerostáticos : quiere que surque la atmósfera el ave monstruosa sin vida. ¿Lo conseguirá al fin? Acaso, si el problema se ajusta á las leyes de la Naturaleza.

El hombre, amiguitos míos, nunca debe desmayar, aunque vea frustradas sus atrevidas empresas: trabajando sacará siempre utilísimas enseñanzas para perfeccionar las obras que están dentro de la posibilidad. ¿Quién duda que, considerada la nave como instrumento de locomoción,



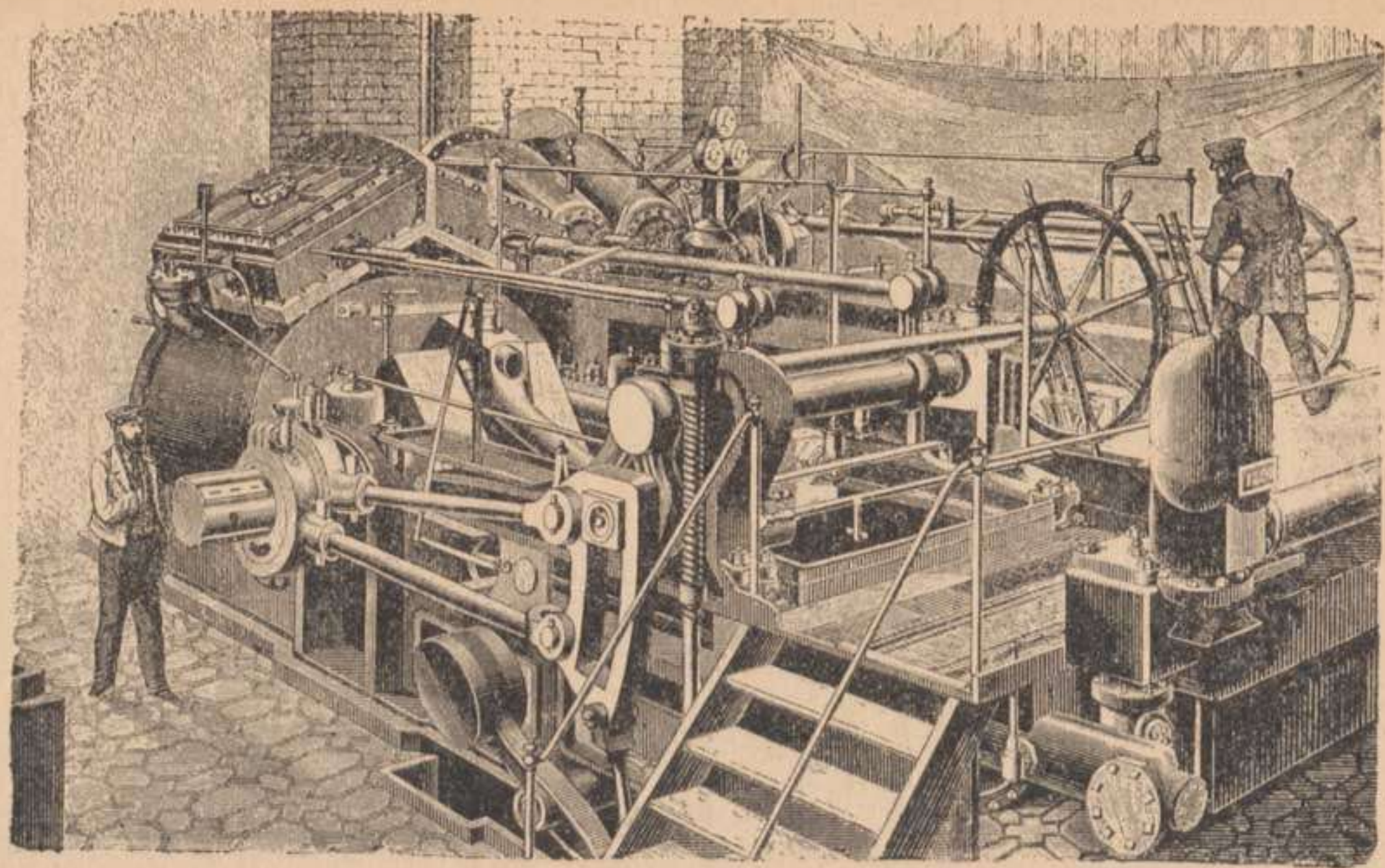
fué triunfo de la industria aprovechar la fuerza y dirección del viento, aunque no realizara la construcción del pez-pájaro que la imaginación había concebido?

No hay que dejarse llevar, amiguitos míos, por los arranques de la impaciente imaginación. Meditad siempre con calma: el estudio es labor de paciencia y de aplicación constante para reunir datos y saberlos medir con exactitud en la extensión de sus aplicaciones prácticas; sólo así conseguiréis resolver los problemas complicados. Queden los vuelos de la imaginación para el poeta, que sabe crear mundos á su antojo, cuyas creaciones engrandecen al espíritu, ávido siempre de los alardes de la galana fantasía. Nosotros, amiguitos míos, aunque rendimos también homenaje á la ficción encantadora, que enseña y cautiva, no podemos salir ahora de los límites de la realidad.

Ya, pues, la nave poderosa que partió tripulada por remeros, navegará en adelante en mejores condiciones, porque se servirá, como agente, de los desequilibrios de la atmósfera, ó se ayudará con los remos si sobreviene la calma, y á cada instante corregirá con el timón las desviaciones del rumbo, ó cambiará de dirección á voluntad del piloto.

No he concluído. Advierto vuestra impaciencia, y voy á satisfacer vuestra legítima ansiedad. Cierto. Hoy navegan buques poderosos que ni





Máquina de vapor de un buque.



llevan remeros ni marchan impulsados por la fuerza del viento utilizada por medio de las velas. Son los que llamamos por antonomasia — modo de designar las cosas dando al todo el nombre de una de sus partes—barcos de vapor. Y no estaría bien que nos separásemos sin adquirir siquiera una noción sencilla del funcionamiento de estos buques, relativamente modernos, que han transformado el arte de la navegación, introduciendo en él progresos admirables.

Pero antes es preciso que recordemos la propiedad, que á su tiempo observamos, de todos los cuerpos de dilatarse por la acción del calor; dilatación que se efectúa en virtud del llamado equilibrio variable de temperatura ó condición de los cuerpos más calientes de comunicar ó radiar calor á los cuerpos que tienen menos temperatura, hasta igualarse.

Nosotros mismos podemos hacer la experiencia. Esta bolita de metal que á la temperatura ordinaria pasa por el agujero de esta tabla, calentada durante algún tiempo en la maquinilla de hacer café ó en la lumbre de la cocina, ya no cabe en el agujero. Se ha dilatado por el calor.

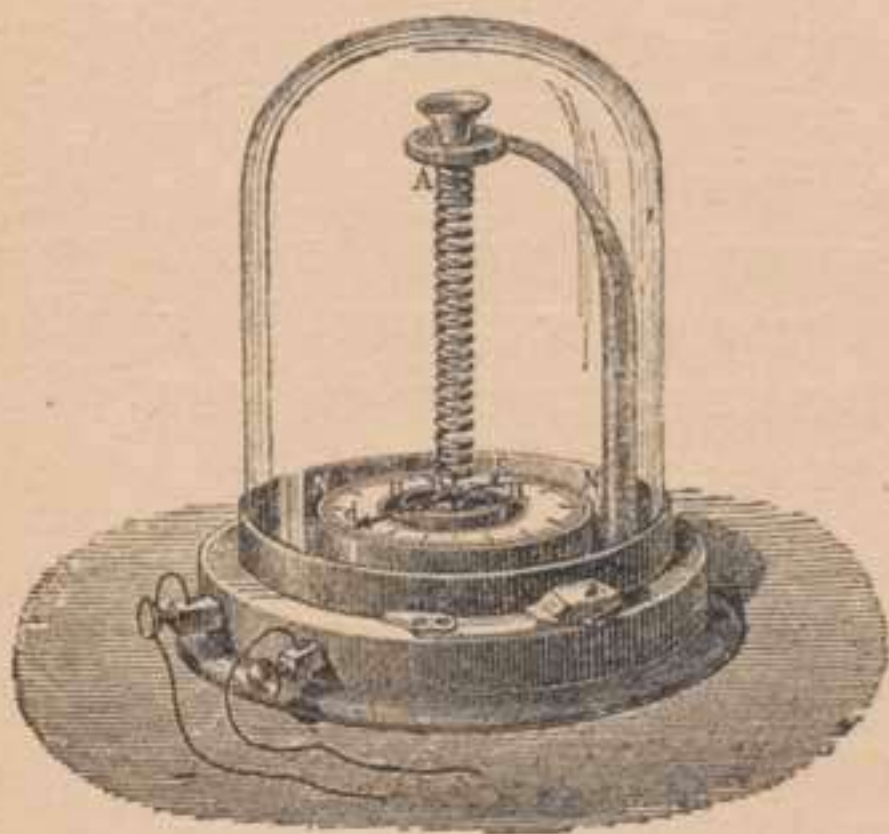
Esta dilatación de los cuerpos por el calor, más sensible en los líquidos que en los sólidos y muchísimo más en los gases, ha dado ori-



Termómetro.



gen al termómetro, aparato destinado á apreciar la temperatura de los cuerpos y la de la atmósfera que nos rodea. Ya conocéis este aparato, semejante al barómetro: consiste en una columna de mercurio ó de alcohol ligeramente coloreado, generalmente de mercurio, encerrada en un tubo



Termómetro de Breguet.

to de cristal, en cuyo extremo superior se hizo el vacío. Por su diferente graduación, los hay centígrados, Fahrenheit, Réaumur y Delisle; pero todos ellos tienen por términos de compara-

ción la temperatura del hielo en fusión y la del agua en ebullición, que corresponden respectivamente, en el termómetro centígrado, de uso más general en España, al 0° y á los 100°. También sabéis que hay termómetros, como el Breguet, fundados en la dilatación de los metales.

Una espiral formada por tres cintas de plata, oro y platino superpuestas, soldadas — pero colocando precisamente la de oro en medio —, hace



girar la aguja que marca la temperatura en el limbo, graduado por comparación con el termómetro de mercurio.

Pero volvamos á la dilatación de los cuerpos por el calor, y fijémonos singularmente en el agua. Colocad un puchero lleno de agua en una hornilla bien cargada de lumbre. Hierve, ¿verdad? Suben del fondo á la superficie del líquido burbujas que, poco á poco, van formando blancas nubecillas de vapor. Pues si lograrais cerrar herméticamente el puchero, impidiendo en absoluto la salida del vapor, el puchero reventaría, con más estrépito si fuese de hierro, rotas sus paredes por la fuerza expansiva del vapor. ¡Ya lo he dicho! ¡Me he precipitado, sin duda! Porque todo el fundamento de las máquinas de vapor, á cuyo impulso navegan con rapidez inusitada los buques modernos y recorren vertiginosamente la tierra los ferrocarriles, consiste en el aprovechamiento de esa fuerza expansiva, transformada en movimiento, en actividad, en acción.

El agua hirviendo se convierte en vapor, y calculad la fuerza expansiva de este fluido, teniendo en cuenta que un centímetro cúbico de agua produce mil seiscientos noventa y cinco centímetros cúbicos de vapor.

Este vapor, como todos los gases, es enormemente comprensible; quiero decir, que por virtud de presiones extrañas puede reducir su volumen á insignificantes proporciones... hasta que, no



pudiendo soportar la presión, rompe el puchero ó la caldera que lo contiene.

Todo tiene su límite, amiguitos míos; por eso no conviene forzar la resistencia de las cosas... ni la paciencia de las personas.

Pues en estas dos propiedades de los gases, fijémonos, para concretar nuestro raciocinio, en el vapor de agua: en estas dos propiedades del del vapor de agua, su fuerza expansiva y su aptitud para ser comprimido, reducido de volumen, hasta cierto límite, descansa todo el funcionamiento de las máquinas de vapor.

La ciencia os demostrará á su debido tiempo estos dos principios esenciales: «El volumen de los gases á presión constante es proporcional á los grados de temperatura.» «La presión de los gases á volumen constante es proporcional á los grados de temperatura.»

Papin fué el precursor de las modernas máquinas de vapor, con la marmita que lleva su nombre, comprobadora de los dos principios consignados.

Dibujémosla en la pizarra; la explicación es fácil: mirad la marmita de Papin:

Consiste en una olla de hierro con tapadera atornillada y en ella tres aberturas: una para la válvula de seguridad; otra que deja espacio á un tubo de hoja de lata que se llena de mercurio hasta cierta altura, y otra donde se enchufa un tubo con llave, en el cual pueden atornillarse di-



versos tubos de salida. Si la llave está abierta, el termómetro, introducido en el depósito de mercurio, marcará constantemente la temperatura del agua en ebullición. Si se cierra la llave, la fuerza expansiva del vapor pugnará por hacerle salir de la olla, hasta levantar la válvula, no obstante la pesa colocada al extremo de la palanca. ¿Os explicáis la fuerza que es capaz de desarrollar el vapor de agua contenido por las recias paredes de una caldera?



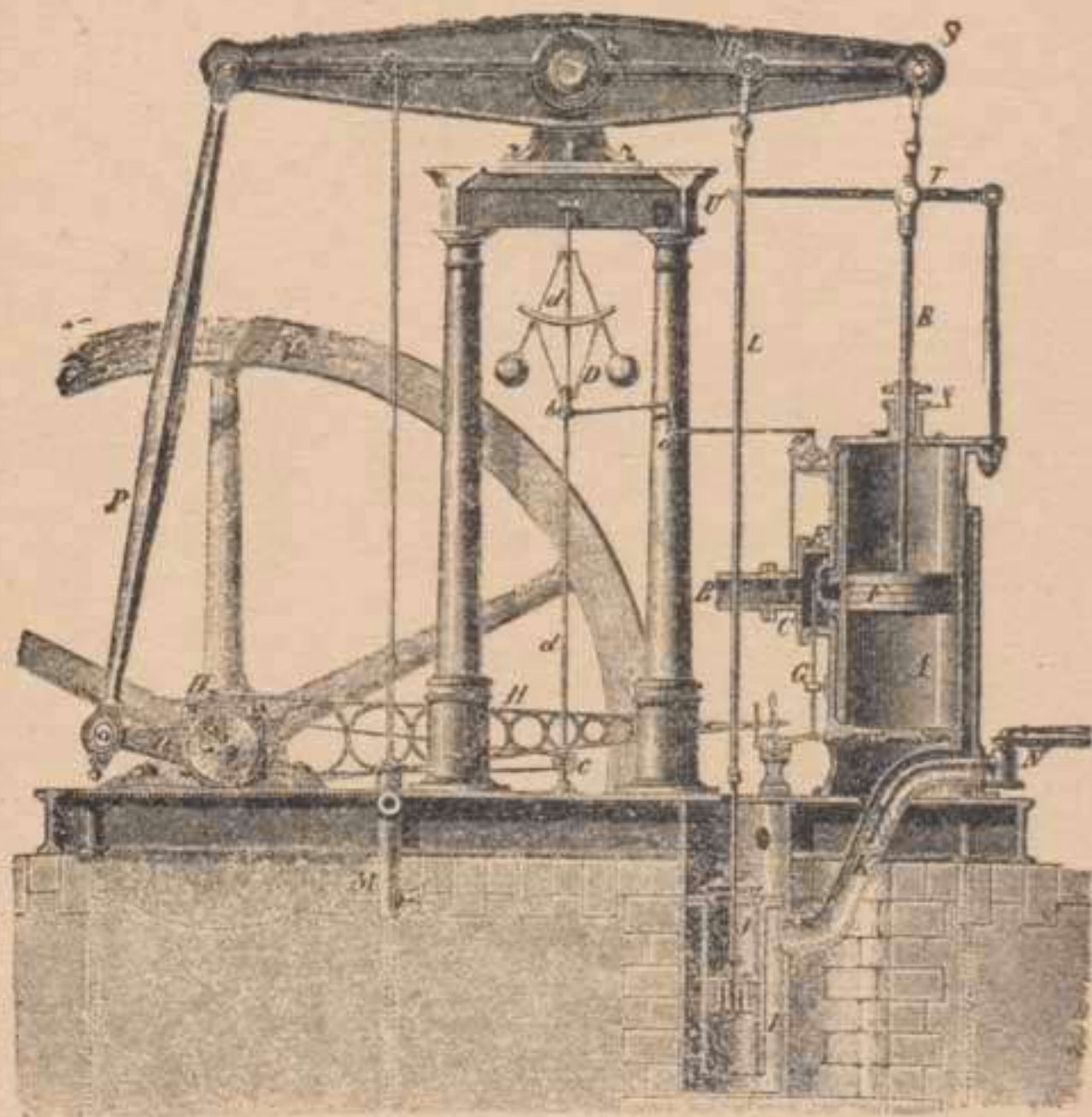
Marmita de Papin.

Pues ya podemos comprender en qué consisten las máquinas de vapor, cualquiera sea su clase y aplicación. He aquí cómo las define la ciencia: «Se llama máquinas de vapor, según la Física, á unos mecanismos dispuestos para producir grandes cantidades de vapor de agua y aprovechar su fuerza expansiva para el vencimiento de resistencias.»

Antes de examinar sumariamente sus componentes principales, bueno es que conozcáis algo del tecnicismo que los hombres de ciencia emplean. Hablando de máquinas de vapor, oiréis decir: *kilogrametros*, *caballos de vapor*, *calorías*... No alarmaros, amiguitos míos; son cosas por extremo sencillas: son unidades de fuerzas, términos de comparación para medir la potencia de las energías mecánicas: kilogrametro es la



fuerza necesaria para elevar 1 kilogramo de peso á 1 metro de altura; el caballo de vapor equivale



Máquina de vapor, sistema Watt. — *A*, cilindro de vapor; *F*, émbolo; *X*, caja de estopas; *R*, varilla del émbolo; *STUW*, paralelogramo; *S*, balancín; *P*, biela; *Q*, cigüeña; *V*, volante; *H*, excéntrica; *H'*, tirante de la excéntrica; *G*, palanca de la caja de distribución; *B*, tubo de vapor; *C*, válvula de garrucha; *E*, caja de distribución; *D*, regulador de bolas; *aa*, palancas del regulador; *b*, anillo corredizo; *I*, condensador; *J*, bomba neumática; *K*, surtidor de agua fría; *N*, tubo de aspiración; *M*, bomba de alimentación.

á 75 kilográmetros, y la caloría es la unidad de calor necesario para elevar en 1° centígrado la temperatura de 1 litro de agua.



¿Lo veis? Con estas nociones elementales ya no os sorprenderéis al oír hablar á los técnicos su vocabulario, cabalístico para los ignorantes. No haréis mal papel en la vida.

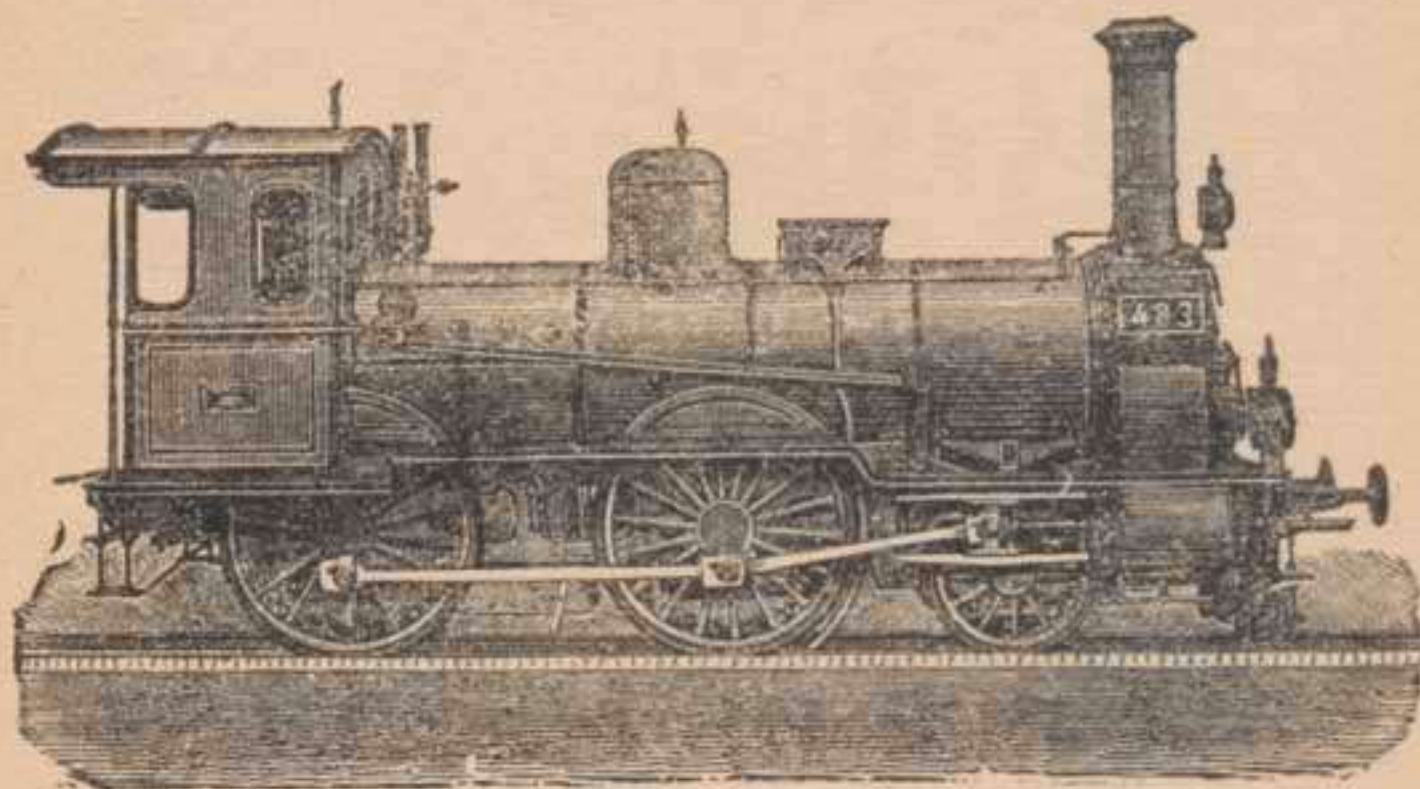
Ahora digamos algo de las partes más importantes de estas máquinas, que serán, lógicamente pensando, el lugar donde se produce el vapor, lugar llamado *generador*, y el mecanismo en que la fuerza expansiva del vapor se transforma en movimiento de masas.

Esta fuerza se aprovecha haciendo entrar el vapor en un cilindro de paredes rígidas, de hierro ó acero, dentro del cual hay un émbolo movable, sobre cuyas bases se ejerce la presión del vapor. Si la presión del vapor actúa solamente sobre una base del émbolo, las máquinas se llaman de simple efecto; si actúa sobre las dos, de doble efecto. Si impelido por la presión del vapor el émbolo recorre todo el cilindro, se dice que las máquinas son sin expansión; y cuando la entrada del vapor cesa al llegar el émbolo á cierto punto y en el restante trayecto actúa el vapor que ya entró, sólo por su fuerza expansiva, se dice que las máquinas son con expansión. También se clasifican las máquinas según la presión con que el vapor de agua penetra en el ó los cilindros: si con menos de cuatro atmósferas, se llaman máquinas de baja presión; de alta presión se llaman las máquinas desde cuatro atmósferas en adelante. Si el vapor de agua sale de la máquina, des-



pués de realizar su trabajo, en el mismo estado de vapor, las máquinas se llaman sin condensador; si la misma máquina convierte en líquido el vapor de agua, se llaman con condensador. Por último, cuando el vapor de agua no va directamente desde el primer cilindro al condensador, sino que antes trabaja en otros cilindros, las máquinas se denominan compuestas ó *Compound*.

Por la manera de estar colocados los cilindros se llaman máquinas verticales, horizontales y os-



Locomotora.

cilantes; y respecto de su montaje, fijas, locomóviles y locomotoras.

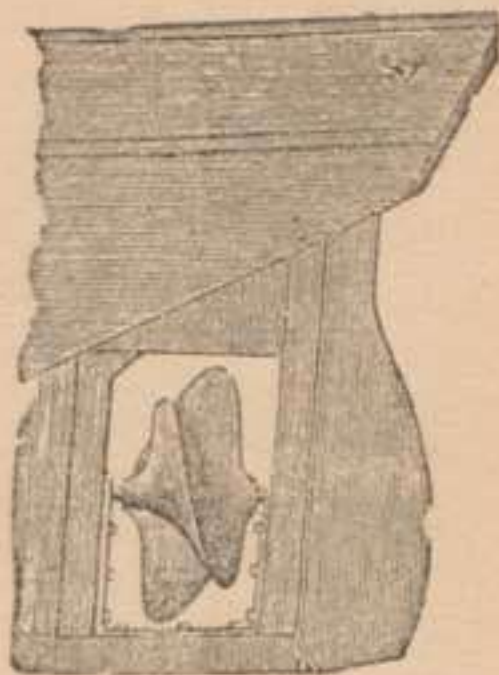
Como todas las clasificaciones, ésta os resultará enojosa; pero la facilidad de su comprensión y su utilidad os harán amable el esfuerzo intelectual que hemos hecho para aprenderla. El estu-



dio, amiguitos míos, es, sin duda, un trabajo, y como tal, cansa y fatiga; pero produce grandes satisfacciones. La ignorancia humilla, la cultura enaltece.

Pongamos un ejemplo. La locomotora puede darnos idea del funcionamiento de las máquinas de vapor.

El vapor se forma en la caldera, que en las locomotoras y en los buques consiste en un gran depósito, lleno de agua, dentro del cual hay varios tubos por donde escapan los gases y humos de la combustión. Desde la caldera va el vapor á los cilindros, poniendo en movimiento el émbolo, y éste, á su vez, á la varilla llamada apretador de estopa; y por medio de la articulación del apretador con otras varillas llamadas biela y manivela, se transforma en circular el movimiento vertical ú horizontal del émbolo. La tosca figura que hemos trazado en la pizarra explica perfectamente este, al parecer, complicado artificio. Y conocida la locomotora, conocéis la máquina de vapor que tan grandes progresos ha introducido en el arte de la navegación; su funcionamiento es el mismo: la hélice con sus innumerables, vertiginosas, rotacio-



Hélice.



nes, desempeña el papel de las ruedas; la hélice es la fuerza impulsora que pone en marcha el buque, como el timón, reciamente gobernado por gruesa cadena, le imprime la dirección ó rumbo.

No hemos perdido el tiempo con esta larga digresión. He satisfecho, al menos así lo creo, vuestra legítima curiosidad, y algo habéis aprendido.

Ahora volvamos á nuestro modesto empeño. Recordemos nuestro humilde pez de madera.



X

El vaso de agua.



La mar está tranquila : el Nordeste es fresco y empuja la vela llevándola constantemente hinchada. No hemos variado el rumbo; y, mirando por la popa, parece que la ciudad se ha desvanecido: ¿aquella bruma azulada es tierra ó son celajes?

Hay que virar y poner la proa al puerto. Tú, Carlitos, ponte al timón para que Juanito venga á ayudarme en las maniobras: mete la caña á babor: un poco más; ya estamos en rumbo. ¡Eh! tú, pasa la escota á estribor: ¡amarra!

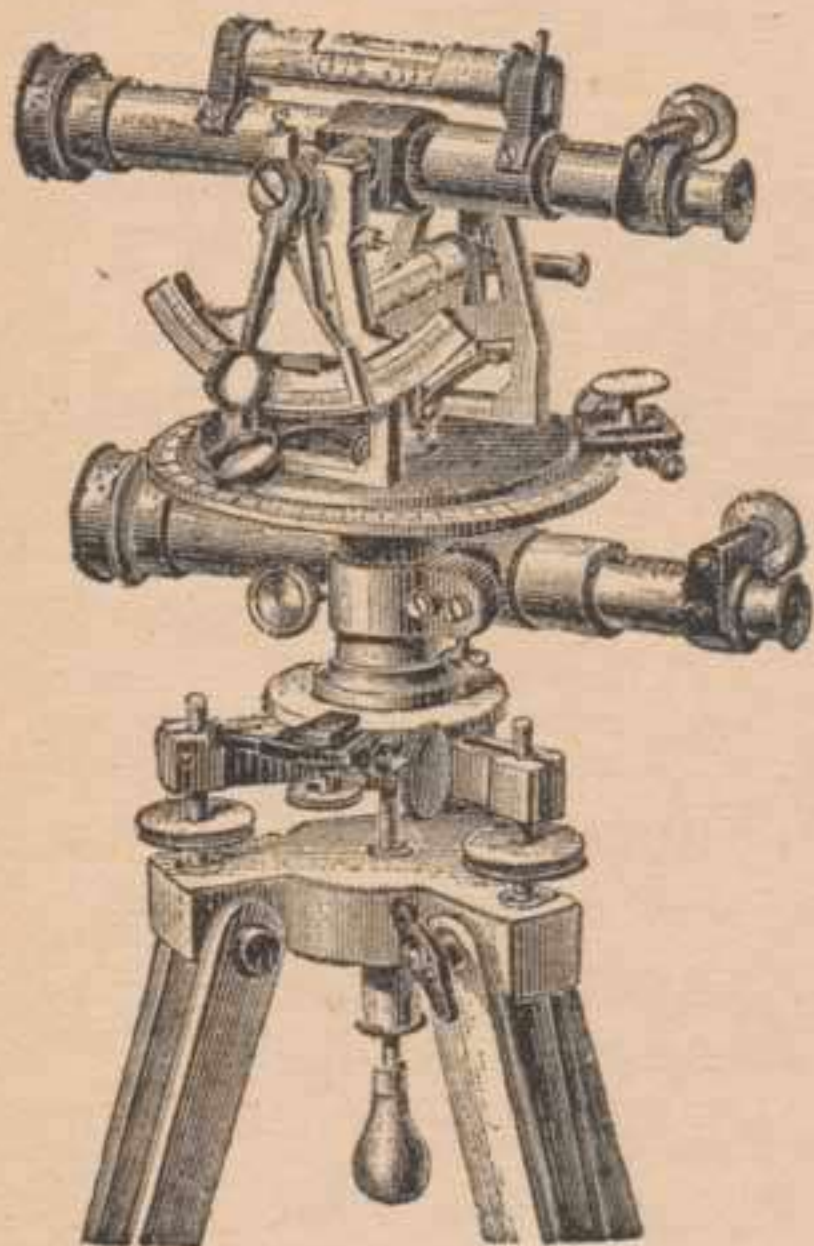
Mientras el viento no cambie, dejemos á Carlitos que siga el mismo rumbo corrigiendo las desviaciones. ¡Buena marcha lleva el pez!

Ya hemos probado la nave que mentalmente construimos; ya conocemos también las fuerzas que la mueven. Aquí debería yo dar por terminada mi tarea. Como veis, esa nave sólo nos ha servido de juguete; después de todo, ese objeto me propuse; y me satisfaría muchísimo que, para juguete del entendimiento de los niños, se considerase útil esta obrita.

Pero si mis familiares disertaciones hasta la presente no os han producido enfado, habré de seguir adelante; porque veo que esa navecilla,



por sí sola, no os va á servir para nada. La razón es obvia : si yo os regalara una peonza, tendríais derecho á reclamarme la cuerda; si os diera un



Teodolito.

clavo, me pediríais inmediatamente un martillo; si os entregara bolas de billar, me diríais que de nada os servían sin la mesa. Quiero decir que os falta el teatro de acción para el juguete. ¿Lo queréis también? Pues entonces, continúa.

Y para aplicar esas suposiciones al uso que debéis ha-

cer de vuestro pez de madera, figuraos que un armador, exageradamente espléndido, regalara á tribu salvaje un navío con todos sus pertrechos. Pues ese armador habría hecho un regalo infructuoso, porque el navío permanecería anclado en la playa, ó, sin la sujeción del ancla, quedaría

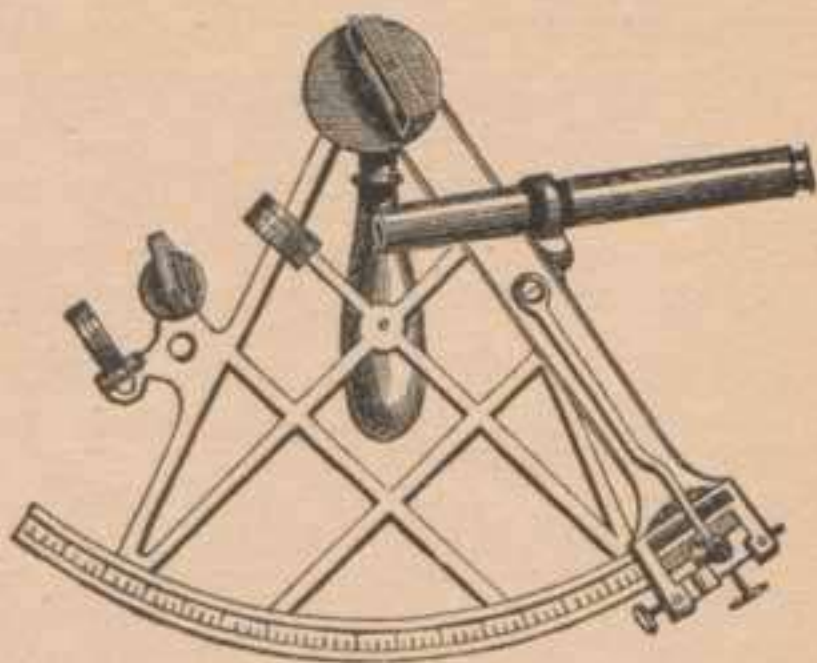


expuesto al vaivén de las olas y al capricho de los vientos. Claro es, si en toda la tribu no había individuo idóneo para utilizar debidamente el regalo. Y, fuerza es decirlo, nosotros tampoco hemos utilizado convenientemente nuestra nave.

¿Cuánto mejor no sería que ese buen filántropo empezase por fundar escuela de Náutica en la tribu? Pues yo también, aun en burla, como el pez de madera que hemos construído, estoy obligado á continuar las disertaciones abriendo la consabida cátedra.

Y, la verdad, es grave compromiso para mí desempeñar con lucimiento esa cátedra, cuando nunca he manejado ni el teodolito ni el sextante para tomar una altura ni para sorprender el paso del Sol por el meridiano, ni he cogido la caña del timón para hacer una virada, ni jamás amarré la escota á la mura, ni sé el largo que habrá de darse á las velas para que aprovechen la dirección del viento.

Pero... manos á la obra : entre nosotros... bien podéis permitirme esta audacia; y con ayuda del



Sextante.



método hasta aquí empleado, el método del puro raciocinio, veremos de utilizar, no el regalo de ese espléndido armador, sino los bajeles de célebres navegantes que han surcado el mar en todos sentidos con rumbos determinados.

Tened también presente lo que tanto os he repetido y repetiré hasta el fin : la misión mía con vosotros fué la de ponerlos en el camino de la ciencia, y no en posesión de ella; por eso el curso de Náutica que os voy á dar ha de ser adecuado á nuestra frágil navecilla y á la exigua tripulación que nosotros componemos. Mi explicación será puramente práctica, no empleando más recursos que aquellos de que nuestra poco ilustrada inteligencia dispone y el ingenio natural nos sugiera.

Pero antes de que nos embarquemos y antes de darnos á la vela, será preciso recordar nuestras lecciones de Geografía, lecciones que con tanto gusto aprendisteis. Para ello nos vamos á servir de este globo terráqueo en miniatura, que nos dará los datos en general para salir airoso de la empresa.

Ya os dije que la Tierra, el planeta que habitamos, es un vaso casi lleno de agua, y quiero insistir en la misma idea, por lo mismo que estoy conociendo la repugnancia que os produce el considerar así la Tierra. Sin embargo, no hay símil más verdadero, toda vez que, si el vaso contiene al líquido, nuestro planeta contiene toda el



agua de los mares y de los ríos; si el vaso tiene



Globo terráqueo.

fondo y paredes donde el liquido queda detenido, también la Tierra tiene ese fondo y esas pare-



des... Seguiría ese paralelo para presentaros adecuada comparación; pero me parece haber dado en la razón de vuestra repugnancia para admitir completamente el símil.

Vosotros, amiguitos míos, suponéis siempre el vaso boca arriba; no lo concebís de otro modo; y al mirar este globo, que representa la Tierra, veis el vaso boca arriba y boca abajo.

¿No es verdad que es esto lo que os confunde y por lo que desecháis la analogía verdadera que existe entre la Tierra y el vaso?

Tened calma, amiguitos míos; recordad que las posiciones de «arriba» y «abajo» son puramente de relación, como las de «derecha» é «izquierda». Dos observadores antípodas — es decir, colocados en puntos diametralmente opuestos de la Tierra — mirando al cielo, dicen que dirigen la visual hacia arriba; sabéis, además, que esos dos observadores consideran su peso ó gravedad, como el peso ó gravedad de la materia, convergiendo en el punto común, llamado centro de la Tierra.

Pues si no admite duda lo que significan esos adverbios de lugar, «arriba» y «abajo», no tendréis ya repugnancia en admitir que el vaso llamado la Tierra está siempre boca arriba; y que no está completamente lleno se ve á la simple vista: el agua no cubre esas partes salientes que, en sentido más limitado, conocemos también con el nombre genérico, tierra.



Si me decís que los bordes de ese gran vaso no tienen figura regular, os digo á mi vez que tenéis razón; y todos estamos de acuerdo, porque nada más caprichoso que ese culebreo de líneas, límites del mar y de la tierra, límites que del primero son orillas, y de la segunda costas; marcando esos límites grandes extensiones de tierra, los continentes, y grandes extensiones de agua, los mares, con nombres diferentes, según los determinados lugares que ocupan y las costas que bañan, aunque también se llame el mar toda la masa de agua que contiene la Tierra. Hay, además, en esas inmensas extensiones de agua pedazos de tierra que sobresalen, grandes ó pequeñas islas, que vienen á aumentar la confusión de las líneas que vemos en ese globo.

Esa es, trazada á grandes rasgos, la fisonomía — llamémosla así — del planeta que habita el hombre en su vida transitoria; y digo que esa es su fisonomía verdadera, porque esas líneas por demás sinuosas no se deben al capricho de la imaginación, sino que así existen, guardando perfecta semejanza estas que veis sobre el globo terráqueo con las otras verdaderas de nuestro planeta que limitan las extensiones de agua y tierra.

Cómo el hombre ha podido determinar esas extensiones y perfilar sus contornos, asunto es que pertenece á la Geometría, que se aplicó desde los tiempos remotos á medir la Tierra.



Pero no vayáis á creer que desde los tiempos remotos la Geometría enseñaba ni aun las nociones elementales que vosotros conocéis. Arte rudimentario era entonces la Geometría : apenas enseñaba á medir una recta ó una superficie plana. Los primeros geógrafos medían paso á paso las distancias; el procedimiento, ya lo sabéis: puesta siempre la vista en un punto, llevaban, al andar, la cuenta de sus pasos. Claro es; en los parajes fragosos, para medir recurrían al cálculo por comparación; con la práctica de este ejercicio medían líneas rectas, ya perpendiculares ó paralelas entre sí; así, tomando medidas sobre base determinada, perfilaban también los contornos. Después las cuerdas y las cadenas substituyeron á los pasos, y cuando la Geometría dió á conocer las líneas proporcionales, se midieron distancias á simple vista con procedimientos que ya sabéis, sirviendo de miras los picos salientes del terreno, los árboles, las torres.

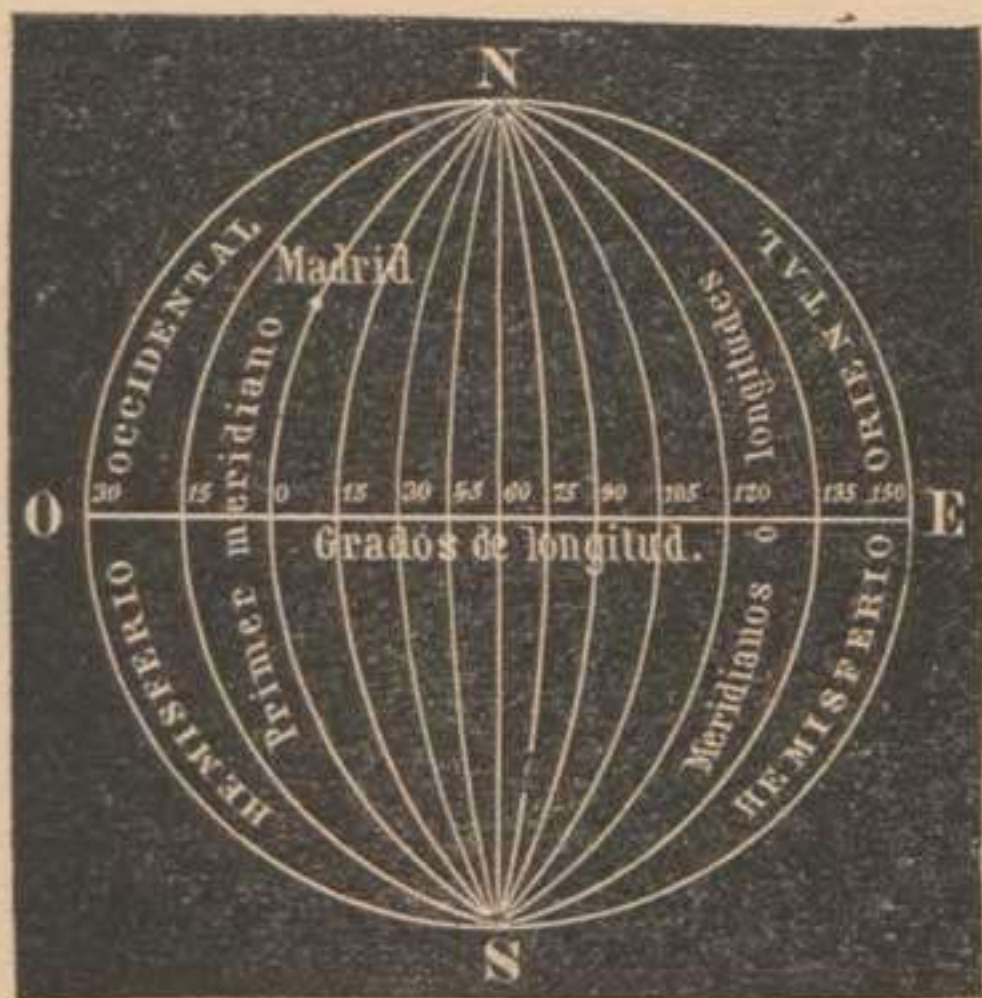
Cada vez con mayor exactitud iba midiendo la Tierra el geómetra-geógrafo, dejando una generación á otra el cuidado de rectificar las mediciones con los procedimientos que la ciencia de la extensión sucesivamente descubría.

Es verdad que la ciencia tenía entonces á su servicio ejércitos de operarios, geómetra-geógrafos, que medían y describían la Tierra.

Ahora quiero que os fijéis, amiguitos míos, en estas otras líneas perfectamente ordenadas, pues-



to que son entre sí ó paralelas ó perpendiculares, y que son producto de la imaginación, es decir, que son meramente convencionales, porque no



Longitudes.

existen en la realidad, no las ofrece Naturaleza.

Pero, determinada la figura del volumen de la Tierra por racionios que nos han suministrado la Mecánica y la Geometría, como ya sabéis, el hombre ha podido imaginar círculos máximos para dividir la esfera en partes iguales, y ha podido imaginar también estos otros círculos perpendiculares á los máximos que, formándose alrededor de un centro común, van creciendo paralelamente,



Por eso veis en este globo terráqueo círculos máximos que pasan por los puntos llamados polos ó extremos del eje de la esfera, y círculos



Latitudes.

menores concéntricos, porque están formados sobre esos mismos puntos de los polos, siendo también máximo ese único círculo equidistante de esos puntos, llamado el Ecuador.

En resumen : ahí no veis más que una red de líneas que pueden aumentar y se aumentan á gusto de la imaginación, con tal que guarden entre sí las condiciones expuestas, porque entonces estas líneas serán utilísimas para la navegación : como que por ellas el navegante podrá



determinar el punto donde se halla; es decir, averiguará por las paralelas la latitud del punto y por el meridiano la longitud.

Y tened presente, amiguitos míos, porque os hará falta para aplicarlo en otro lugar, que esa regularidad de las líneas convencionales está fundada en una base que nosotros aceptamos como verdadera: que la Tierra presenta en todas las direcciones de su superficie líneas curvas, y que, por consiguiente, el conjunto del volumen está determinado por la redondez.

Con efecto, el globo que habitamos es próximamente una esfera: esto ya no es conjetura, sino verdad demostrada por la ciencia matemática; como no es conjetura tampoco que los círculos máximos de la esfera sean todos iguales, porque sabéis que ese sólido se forma de la revolución de un círculo girando sobre su eje.

Claro es también que, como son iguales todos los diámetros de ese círculo generador, dada la figura esférica de la Tierra, podemos suponer círculos máximos y menores en cualquier punto donde nos convenga.

Si cualquiera de nosotros, sobre el mar ó en la llanura, hacemos girar nuestro cuerpo y dirigimos en derredor la vista, describiremos en la Tierra un círculo cuyo radio es la visual; y si esa misma visual sigue dirigiéndose al espacio, describirá otro círculo concéntrico mucho más dilatado, y como la imaginación, aun dentro de la



matemática, sabe fantasear y fantasea con exactitud, considera muchas veces esas líneas como límites de un plano que divide al sólido en hemisferios; y cuando le conviene, sabe también prolongar las líneas y los planos, cuyos límites, saliendo de la esfera á distancias inconmensurables, vienen á cortar otras líneas ú otros planos, formándose diversidad de ángulos de uno y otro género.

Como veis, amiguitos míos, nos hemos salido del vaso que os quise dar á conocer. En el capítulo siguiente iremos en persecución de esas líneas y de esos planos por los espacios celestes.



## XI

### El fanal del vaso.

Concluí el capítulo anterior diciendo que nos habíamos salido fuera del vaso, esto es, de la Tierra; y así es la verdad: mientras nos entretuvimos con las líneas reales de las costas, no nos separábamos de los bordes del vaso; pero al seguir las líneas imaginarias — cosas de la imaginación — se salió de sus casillas la loca, y empezó, con sus largas visuales, á recorrer los espacios de la esfera diáfana que por todas partes nos envuelve; quiero decir, que atravesó la atmósfera, y no habría parado de correr por el mundo sideral si nosotros no la hubiéramos detenido.

Y como adonde llevamos nuestros sentidos allá va también el pensamiento, si dirigimos otra vez visuales por los espacios, volveremos nuevamente á divagar en conjeturas, que acaso realicen hechos de práctica aplicación.

En esas exploraciones nos servimos, es verdad, de un instrumento precioso por su precisión y por su alcance, puesto que toca al Sol y á las estrellas, como los dedos de la mano tocan este globo: miniatura que representa la imagen reducida de la Tierra. Ese poderoso instrumento, amiguitos



míos, no es otro que la vista, á la que se ha llamado, con razón, príncipe de los sentidos, y á quien no se debe dar siempre crédito, porque ese príncipe nos cuenta muchas patrañas y nos induce á tomar como realidades cosas que después el pensamiento averigua que son meras apariencias.

Ese príncipe está hoy regiamente servido por la ciencia, que le ha proporcionado multitud de aparatos maravillosos para descomponer la luz, para descubrir los objetos á grandes distancias, para percibir lo infinitamente pequeño. Uno de los próximos días de paseo iremos á visitar el Observatorio, y allí os enseñaré, entre otros muchos instrumentos científicos, el que mide, por ejemplo, la cantidad de agua caída en las lluvias—pluviómetro—; el que mide la velocidad del aire—areómetro—; su dirección ya sabéis apreciarla por la veleta; el telescopio, con cuyo aparato examina el astrónomo el cielo y alcanza á conocer la superficie de los más lejanos planetas.

A pesar de aquellos errores, os aconsejo que cuidéis mucho el instrumento ú órgano de la vista, porque, sobre ser irreemplazable, hasta las apariencias mismas con que nos engaña son de mucha utilidad.

Si es poético y consolador, amiguitos míos, dirigir nuestras miradas al cielo, también reportan utilidad esas miradas que estudian sobre apariencias.



Sí; hasta de la apariencia ha sacado el observador lecciones provechosas, por más que hoy miremos con desdén los fundamentos de su ciencia. Vosotros mismos, que tenéis nociones más exactas de Astronomía que las que tuvieron célebres geógrafos de la antigüedad, si contempláis el cielo durante el día y la noche, veréis reproducirse constantemente la misma revolución en esa bóveda maravillosa, concluyendo por asegurar que la Tierra está en el centro de una esfera cristalina que gira á su alrededor.

Sí; apariencia de verdad que, revistiendo todos los caracteres de evidencia, no es extraño haya servido de base segura á las primitivas tribus de pastores trashumantes cuando buscaban los caminos de la Tierra dirigiendo sus miradas á los luminares de la bóveda celeste. ¡Cuidadito con reirse de la astronomía pastoril! Los pastores empezaron á distinguir unas de otras las estrellas por la magnitud, por la intensidad del brillo, por el color, por los cambios de situaciones, y fueron conociendo y nombrando los astros, como conocían y nombraban á sus ovejas; los pastores, con sus ojos prácticos, medían las distancias de relación que las estrellas guardan entre sí, haciendo coincidir estas medidas con los puntos culminantes de las comarcas donde solían estacionar: así buscaban los prados fértiles á espaldas de lejanas lomas, atravesando cañadas para evitar la fragosidad de los montes, hasta encontrar sabrosos



pastos para las reses en las orillas de los ríos, donde crecen los frescos sauces.

Sí, amiguitos míos; la Historia nos dice, de conformidad con la sana crítica, que los pastores empezaron á cultivar la Astronomía: el pensamiento entonces, dando crédito á los ojos, iba levantando el edificio de esa ciencia, formada después con exactitud también aparente por Eratóstenes y Ptolomeo.

Sí; la Tierra fué considerada como un disco; porque la impresión que recibía cada uno de los observadores, mirando á su alrededor, era el círculo descrito por la visual, el horizonte sensible; y al dirigir también la vista en la misma dirección por el espacio celeste, la propia visual formaba otro círculo concéntrico mucho más dilatado, el horizonte racional, que sirve de base á la media esfera del cielo; por último, como veían sucederse los días á las noches, formando el cielo en ambos casos la misma figura, completaron la esfera móvil de la bóveda celeste.

Ahí tenéis, amiguitos míos, el fanal envolviendo el vaso, el fanal giratorio que arrastra en su marcha al Sol, la Luna y las estrellas.

Por eso los astros, según los ven nuestros ojos, describen líneas circulares, círculos paralelos entre sí, de mayor á menor, hasta llegar á un punto del cielo donde se halla una estrella inmóvil, que pudiera llamarse centro de todos esos círculos, extremo del eje de la esfera.



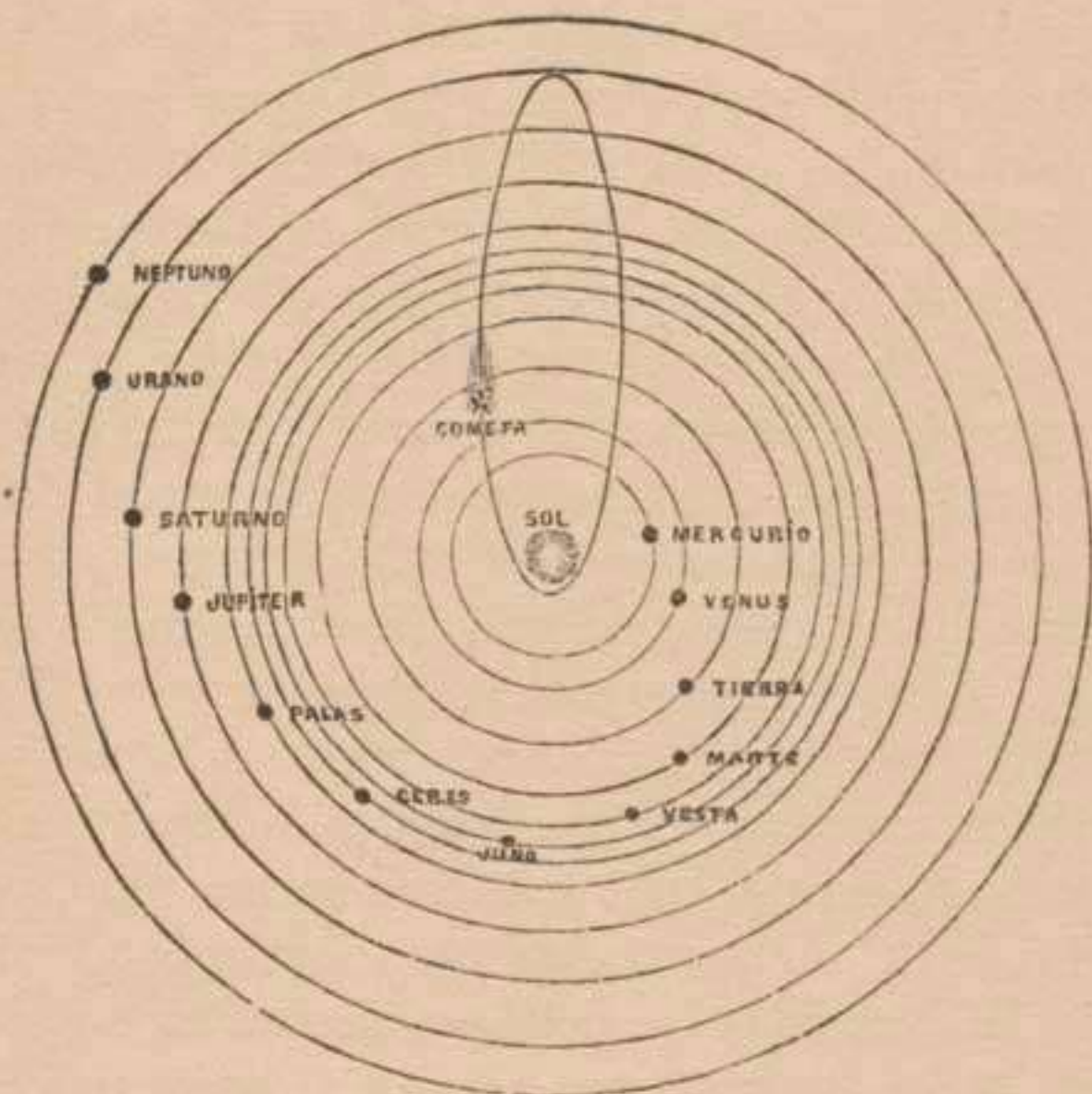
Supongo, amiguitos míos, que habréis caído en la cuenta de que esos círculos paralelos que describen los astros, guardan relación con estos que veis trazados en este globo terráqueo. Aquí de la Geometría. Unos y otros se corresponden, no ya considerando un disco la Tierra, sino esférica según es: digo que esos círculos se corresponden, como se corresponden las líneas homólogas en las figuras semejantes; como se corresponden los grados de las circunferencias circunscriptas, ó concéntricas, caso en que se encuentra el globo terráqueo con la esfera celeste.

Ahora, considerando ya la Tierra como lo que es y como nosotros sabemos: en cuanto á su figura, una esfera; con relación á los cuerpos celestes, un cuerpo muy secundario perteneciente á un sistema, del cual el Sol es centro común de todos sus planetas, vemos que, ciertamente, coincide la estrella polar del hemisferio Norte con el polo Norte de la Tierra, y que cada estrella, en cada uno de los  $90^\circ$  del cuadrante celeste, corresponde del mismo modo á cada uno de los  $90^\circ$  del cuadrante de la Tierra.

Luego si la vertical que une el punto Norte del cielo con el punto Norte de la Tierra se prolonga indefinidamente, esta vertical será el eje de ambas esferas, indicando los puntos diametralmente opuestos á la estrella polar del Norte; y en la prolongación de esta vertical hallaremos el polo Sur del hemisferio celeste, que atravesará el polo Sur



de la Tierra : si esa línea toca en el cielo una estrella, ésa será la polar del Sur. Ya tenéis for-



Sistema planetario.

mados los dos hemisferios del vaso del fanal : dos esferas concéntricas.

Ya veis, amiguitos míos, cómo el conocimiento del círculo aparente que en todas las direcciones descubre la visual, nos lleva de la mano á medir por grados las distancias de los astros á la polar. Y como esa medida se refiere á otro arco que une los polos Norte y Sur, resultan los  $180^\circ$  del semi-



círculo; y como este semicírculo se prolonga por el lado opuesto, hasta cerrar en uno de los polos, resultan los  $360^\circ$  de la circunferencia, circunferencia que, infinitamente, puede describirse por toda la superficie esférica de la Tierra y que todas corresponden también con las de la esfera celeste: esos son los meridianos.

Pero, amiguitos míos, también sabéis que esa relación entre las dos esferas, admitida hoy como verdad indiscutible, porque la Mecánica y la Geometría nos han probado la redondez de la Tierra; esa perfecta relación, repito, era ignorada por los célebres geógrafos de la antigüedad, puesto que limitaban el disco en las columnas de Hércules por donde el mar Mediterráneo comunica con el Océano Atlántico, con los hielos del Norte, con el cabo de Buena Esperanza y con las aguas que se extienden en el mar de la India y de la China hasta el Grande Océano Pacífico.

Sin embargo, esos geógrafos ya iban presintiendo la forma esférica de la Tierra, porque cuando en sus largos viajes se alejaban á grandes distancias del centro que comúnmente les servía de observación, veían otros astros encima del horizonte racional que de nuevo describían. Así esos geógrafos suministraban preciosos datos á las ciencias, datos que en siglos posteriores quedaron consolidados para formar la cosmografía matemática y la mecánica celeste; pero la navegación se aprovecha todavía de las apariencias



de realidad de esa esfera transparente y giratoria de la concavidad del cielo, que los antiguos estudiaron con tino y exacta precisión.

Sí, amiguitos míos; esos sabios antiguos, ignorantes de la verdad hoy conocida, señalaron las estrellas fijas ó soles, les dieron nombres y las dividieron en grupos caprichosos; distinguieron las errantes ó planetas que no siguen invariablemente, como las anteriores, el curso de los paralelos; observaron que el Sol, en su marcha diurna, salía y se ocultaba en el horizonte describiendo una misma espiral durante los doce meses del año, y midiendo en la esfera celeste los grados, vieron que, en esa marcha constante, el Sol subía y bajaba dentro de una zona de  $46^{\circ}$  y  $56'$ , zona partida en dos iguales por el círculo máximo equidistante de los polos — el Ecuador — y contenida en los círculos menores: trópico de Cáncer, en el hemisferio boreal, y trópico de Capricornio, en el hemisferio austral; por último, como vieron que el Sol iba cortando esa zona en puntos distintos, relacionaron esos puntos con los grupos de estrellas ó constelaciones por donde iba pasando, y así se determinó también el círculo zodiacal, máximo porque corta al Ecuador en dos puntos opuestos.

Ahí tenéis señaladas gráficamente las cuatro estaciones, que fueron distinguidas por el observador del hemisferio boreal según las situaciones del Sol en la Eclíptica al recorrer cada uno de los



cuatro arcos iguales. Para el hemisferio boreal es el Solsticio de estío el punto en que la Eclíptica toca en el trópico de Cáncer; Solsticio de invierno el punto en que la Eclíptica toca en el trópico de Capricornio. Los cloruros son esos otros dos puntos donde la Eclíptica corta al Ecuador, llamados también equinoccios de otoño y de primavera. Haced vosotros ahora, amiguitos míos, el papel de observadores en el hemisferio austral para arreglarle las estaciones.



Estaciones del año.

A partir de los equinoccios, en que los días son iguales á las noches, el observador colocado en el hemisferio boreal veía crecer los días á medida que el Sol se acercaba al trópico de Cáncer, y que iban disminuyendo á medida que se separaba, hasta llegar al trópico de Capricornio. Ved, amiguitos míos, si estas líneas imaginarias que los antiguos astrónomos señalaron en la esfera sideral, han podido servir al cálculo matemático, aun cuando la base estuviera cimentada en la apariencia.

Habéis visto cómo la Geometría, sin dejar de medir las extensiones de la Tierra y de guiar la



mano constructora del mecánico, ha extendido su vuelo por los espacios celestes, para medir también las distancias sidéreas, base de la astronomía de los pueblos primitivos y de la astronomía matemática, orgullosa de su precisión y exactitud. Además, la industria, aplicando su genio á esa misma Geometría, informándose en sus axiomas, teoremas y corolarios, ha provisto también á la ciencia matemática de instrumentos preciosísimos, con los cuales se ha podido ir midiendo, cada vez con más precisión, la magnitud de los cuerpos celestes, la regularidad de sus movimientos y hasta determinar las órbitas que recorren.

Y aquí concluyo: ya os di á conocer el fanal, en apariencia giratorio, cuyo exacto mecanismo no lograron descubrir los geógrafos de la antigüedad porque desconocían las leyes de la mecánica celeste.

Veamos ahora qué utilidad reportaron esas líneas imaginarias al arte de la navegación.



## XII

Desde los bordes del vaso.

Habéis comprendido la alusión : ya indiqué en otro capítulo que las costas son esos bordes, y en ellos no estamos mal situados, porque cómoda-



Mapa de Europa.

mente podemos dirigir nuestras observaciones al mar, á la tierra y al cielo.

Pero, amiguitos míos, puesto que de bordes se trata, os diré que si los antiguos hombres no conocían más que una pequeña parte de la Tierra,











los argonautas, como mercaderes unos y como conquistadores otros, costearon el Mediterráneo, llevando á cabo, los últimos, la famosa expedi-



Mapa de América.

ción al Ponto Euxino; así peregrinaron errantes por el mismo mar, según canta la epopeya, Ulises, Melenao y Eneas, concluido el sitio de Troya; así, los cartagineses fundaron sus primeras colonias en Sicilia y en España.

Los mismos fenicios, bajando por el mar Rojo,



atravesaron el estrecho de Bab-el-Mandeb, siguieron la costa oriental de África, doblaron el cabo de Buena Esperanza y, remontando la costa occidental, entraron en el Mediterráneo por las columnas de Hércules.

Esas exploraciones, hechas al azar durante



Mapa de Oceanía.

siglos, prueban cuán lenta es la marcha del progreso humano, cuyas conquistas jamás satisfacen el deseo de la fantasía.

Como veis, mis queridos niños, pudieronse efectuar esas exploraciones sin perder nunca de vista la costa, con la cual iban marcando siempre el rumbo los atrevidos navegantes, sirviéndose



dé las velas siendo el viento favorable, y, cuando contrario, de los remos.

Los cartagineses, más audaces y más emprendedores que los fenicios, separándose de la costa por el Occidente de África, encontraron el archipiélago de las Canarias, y dejando á la derecha el estrecho de Gibraltar, recorrieron el Occidente de Europa.

Esas excursiones pueden considerarse como los primeros pasos atrevidos de la navegación, en su infancia, aventurándose por momentos, como el niño, á dejar los andadores, quiero decir, la costa; así, haciendo pinitos, se practicaron exploraciones más minuciosas por mares ya conocidos.

Herodoto halicarniense exploró detenidamente las colonias griegas del Ponto; visitó la Rusia meridional, recorrió las playas de Egipto y los puertos de la Regencia de Trípoli; más tarde, Andróstenes, Nearco y Onericrato exploraron las costas meridionales del continente conquistado por Alejandro, el Asia; y Piteas, pasando el estrecho de Gibraltar, toma distinta dirección, recorre la costa de España y de la Galia, penetra en el canal de la Mancha, llega al mar del Norte, explora el archipiélago de Feroë y baja á internarse en el Báltico. Un siglo después, Magasthenes visitó el mar de las Indias hasta la isla de Ceilán, siguiéndole Eudoxio de Cicico, quien, desde el golfo Arábigo, pasó el estrecho de Coro-



mandel y el golfo de Bengala, hasta el estrecho de Malacca.

Estas exploraciones suponían grandísimo adelanto en el arte de la navegación; y es porque el arte estaba ya mejor informado en la Matemática: podríamos decir que la Geometría se popularizaba. Por aquella época, Eratóstenes determinaba el tamaño de la tierra conocida, midiendo la proyección de las sombras á partir de la luz meridiana en el Solsticio, verdadero punto de partida, porque bajo el trópico, los cuerpos proyectan sombra más reducida, la vertical, sombra que va aumentando á medida que el observador avanza en dirección al Polo; así Eratóstenes, buscando la relación de las declinaciones en diferentes lugares, pudo ir realmente midiendo distancias, como antes también, por medio de la proyección de las sombras, enseñaba á los pastores egipcios á determinar la altura de las pirámides.

¿No os maravilla, amiguitos míos, la candorosa sencillez con que los hombres de aquel tiempo resolvían problemas de la mayor importancia? Sí, no lo dudéis; tan importantes como la medición del cuarto de meridiano, verificada casi en nuestros días, para determinar el metro, que ya sabéis es una diezmillonésima de ese arco. Pero, ¡qué lujo de instrumentos! ¡Cuánto aparato de ciencia para obtener ese resultado! Comparadlos con aquellos otros tan primitivos y rudimentarios: el gnomon, estilete ó varilla que, colocada



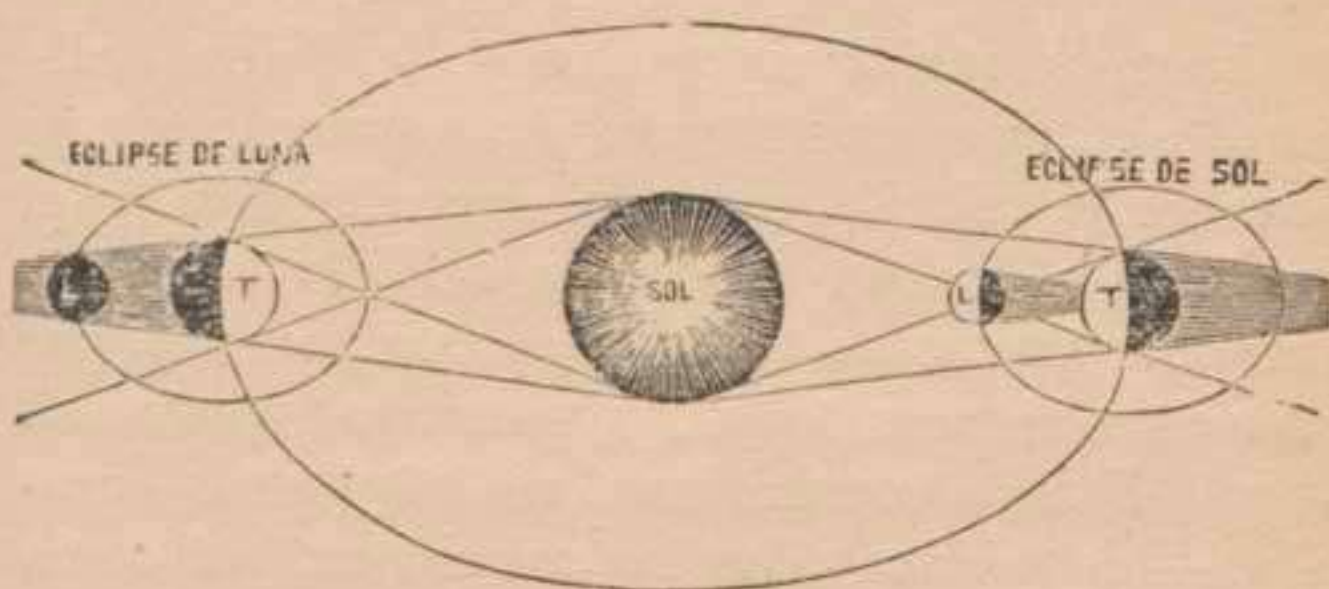
verticalmente, acusaba en el plano la proyección de la sombra; el semicírculo graduado, puesto en la dirección de Norte á Sur, para medir arcos meridianos, y puesto de Oriente á Occidente, los grados de los paralelos; así se llegó á medir hasta el diámetro del Sol, igual á medio grado de la esfera celeste; así es como Hiparco, verdadero padre de la Geografía, transportó á la Tierra todos los círculos con que los antiguos astrónomos habían señalado el cielo.

Acostumbrado el observador á calcular las medidas en la extensión inmensa del espacio, se familiarizaba con esa clase de operaciones é iba adquiriendo datos para averiguar la magnitud del Sol, que veía levantarse detrás de lejana cumbre.

Yo conozco, decía, las dimensiones de esa prominencia; veo que el Sol asoma sus bordes luminosos á derecha é izquierda de la cumbre; pues aseguro que el diámetro solar es mayor que la montaña. Ahí tenéis un raciocinio de un sabio de la antigüedad, raciocinio que, por juzgarlo pueril, acogéis desdeñosamente. Sin embargo, amiguitos míos, ese raciocinio sirve de fundamento á cálculos más precisos; y vienen después otros sabios á medir, valiéndose de los eclipses, los diámetros del Sol y de la Luna. Sin duda que se sirven de instrumentos de precisión para medir ángulos y determinar una base; pero, en rigor, el fundamento racional es el mismo que el del que se pro-



puso deducir la magnitud del Sol al verle asomar sus bordes luminosos tras la montaña. Todo queda reducido á que os imaginéis, siendo vuestro ojo el vértice del ángulo más agudo, un triángulo isósceles, formado por vuestras dos visuales, á cada uno de los lados de la montaña. Ni más ni menos que lo que hacía aquel pueril observador: prolongad indefinidamente los lados alejándoos de la montaña; el Sol descubre más disco, la montaña va resultando cada vez más pequeña. Ahora, haciéndonos cargo de la mayor, inmensa distancia, de la montaña al Sol, comparada con



Los eclipses.

la que existe de la montaña á nosotros, figuraos si los lados del triángulo que forman nuestras visuales han de determinar una base infinitamente mayor que todas las montañas de la Tierra, y que la Tierra misma. Esa, repito, no es más que base para un cálculo; pero base debida á los geógrafos de aquellos tiempos. Ya vendrá Newton



después con su telescopio y equilará con raciocinio matemático el fundamento de la primera observación.

Sí, amiguitos míos; aquellos observadores que fundaron la base de la Astronomía, vieron que todos los cálculos se verificaban con muy pocos teoremas de Geometría elemental aplicados á la medición de ángulos: así tomaban las alturas, fijando los puntos de observación, esto es, las distancias de estos puntos al Polo, para lo cual relacionaban los grados de la esfera celeste, en la dirección de Norte á Sur, con los paralelos de la Tierra.

Esas distancias en grados se traducen fácilmente en distancias longitudinales, puesto que se conoce la relación entre la circunferencia y el radio, pudiéndose relacionar también todas las líneas trazadas en todas las circunferencias, por ser estas figuras, todas, proporcionales entre sí. De la división convencional en 360 partes — grados — dependen todas las relaciones; así como de esas partes, convertidas en rectas — ya conocéis estos datos —, tiene 114,591557 el diámetro y 57,295778 el radio. Pues, si construyéramos una circunferencia graduada de 5 metros de diámetro, podríamos apreciar en el cielo hasta las 2.600 avas partes de un grado, y medir minutos y segundos.

La Luna, amiguitos míos, que ha dado siempre motivo para inspirar á los poetas, también ha



sido objeto de estudio para los sabios; y es natural que sobre la Luna se hiciesen los primeros ensayos científicos para conocer su magnitud, su naturaleza física y su distancia á la Tierra.

Siendo la Luna el cuerpo celeste más próximo á los observadores, en ella observaron con más facilidad los cambios de posición de ese astro, según desde el punto de donde se le miraba, y, relativamente, á los astros colocados detrás de él. Ya sabéis que esta diferencia de aspecto se llama paralelaje, y que, en general, paralelaje es la diferencia del lugar verdadero de un astro, considerando que se le mira desde el centro de la Tierra, al lugar aparente mirado desde la superficie de ella: de suerte que la paralelaje determina un ángulo cuyo vértice lo suponemos en el centro del astro y sus lados por dos rectas: una que va al centro de la Tierra, y otra al punto de la superficie de la Tierra donde se halla el observador.

Yo quisiera, por medio de una comparación gráfica, daros á conocer ese cálculo, aunque trigonométrico, muy sencillito, que se resuelve por la paralelaje: imaginaos una casa con jardín situada en la pendiente de un valle, y que en el centro del jardín hay una columna coronada por un globo á nivel del piso bajo; de manera que, si miráis horizontalmente el globo desde la parte adentro de una ventana, esa horizontal se prolonga hasta un punto de la colina opuesta: si miráis



después el globo desde otra ventana del piso superior, parecerá que corresponde con otro punto más bajo de la colina. Nosotros vamos á suponer ahora que el lugar verdadero del globo es aquel en que le vimos horizontalmente; que el punto desde donde le miramos es el centro de la Tierra y que el lugar aparente de ese mismo globo es aquel otro lugar en que le vimos desde el piso superior, siendo ese punto el de la superficie de la Tierra donde se coloca el observador. Continuemos las suposiciones: el globo del jardín es la Luna; la colina, la bóveda estrellada: pues digo que es fácil conocer la distancia de la Tierra á la Luna; porque el rayo visual dirigido desde el interior del piso bajo al globo, la distancia que separa los dos pisos y el otro rayo visual dirigido desde la ventana del piso superior, son tres líneas que forman un triángulo rectángulo, toda vez que la distancia que separa los dos pisos está representada por línea vertical, y por horizontal la que parte desde el interior del piso bajo.

Tenéis razón: me he distraído; esa no es la distancia que separa la Tierra de la Luna: aun estamos en la suposición de que la Luna es el globo del jardín; pero dejadme acabar el raciocinio:

—Vosotros sabéis que cuando un triángulo es rectángulo, la suma de los otros dos ángulos, prescindiendo del recto, es de  $90^{\circ}$ ; es decir, valen otro recto: luego si el ángulo que forma la



visual dirigida al centro del globo mide  $87^{\circ} 8'$  y substraigo este número de  $90^{\circ}$ , los  $2^{\circ} 52'$  restantes representan el valor del ángulo cuyo vértice está en el centro del globo: esa es la medida del ángulo de la paralelaje. Si os tomarais la molestia de comprobar el cálculo, veríais que el globo situado en el jardín dista 100 metros del punto de observación del piso bajo, y que la distancia que separa ese punto del piso superior es de 5 metros: si no distase un punto de otro más que un metro, el ángulo de la paralelaje sería de  $35'$ .

Pues, amiguitos míos, en suma, eso es lo que practicaron, el año 1751, simultáneamente, Lacaille en el cabo de Buena Esperanza y Lalande en Berlín; porque, es claro: ahora, con la suposición del globo situado en el jardín, visto desde dos puntos de la misma vertical, concebimos la misma operación verificada en el espacio, desde los puntos de la Tierra donde es observada la Luna. Cada uno de los observadores mediría el ángulo que determinara cada una de sus visuales con la paralelaje ecuatorial, y conociendo de antemano cada observador la base de su respectivo triángulo, el radio terrestre, así como los ángulos, también respectivos, de los puntos de observación al centro de la Tierra, ya tenían datos suficientes para averiguar la distancia de la Tierra á la Luna.

Ese problema lo habéis resuelto cuando, por medio de líneas proporcionales, esto es, trazando



dos triángulos semejantes, averiguasteis la distancia desde la margen del río á la torre.

Ciertamente, aunque los dos problemas son de la misma naturaleza, no se resuelven con la misma facilidad. No es lo mismo tomar un ángulo sobre un punto cercano, que no varía de lugar, á tomarlo desde la Luna, que á cada instante cambia de situación en el espacio. No es lo mismo despreciar el error de un milímetro, tratándose de la observación á un punto que dista algunos centenares de metros, que cuando se trata de medir distancias de miles y miles de kilómetros. Claro es que estos cálculos, aplicándose á los cuerpos celestes, han de ajustarse á instrumentos complicadísimos é ingeniosos de muchísima precisión, que no sabemos manejar. En otra ocasión os hablé del arte del experimento que se adquiere sólo con la práctica, práctica que ninguno de nosotros tenemos, ni siquiera la preparación conveniente para adquirirla. Yo me he limitado á daros á conocer el fundamento de una operación aplicada á la Astronomía, no para que podáis discutirla con raciocinio estrictamente matemático, sino con el que sugiere la lógica natural.

Por otra parte, Lacaille y Lalande efectuaron un trabajo de comprobación á cálculos de sus predecesores en el estudio de esa ciencia : ambos eran competentes; ambos de común acuerdo formaron un plan de operaciones determinadas; y provistos de instrumentos de precisión, duchos



también en el arte del experimento, con gran copia de datos incontrovertibles, practicaron sus observaciones y sus cálculos: el problema fué resuelto satisfactoriamente.

Ahora, el fundamento práctico es sencillo, como es sencillo todo lo que nos han dado á conocer todos los sabios; conocimientos que ellos adquirieron á costa de grandes vigiliass y hasta sacrificando la vida para ilustrarnos. ¿No es verdad, amiguitos míos, que debemos á esos sabios profundo agradecimiento?

El fundamento práctico es sencillo y hasta fácil si lo trazamos en el papel: bastan pocas líneas; una circunferencia, que representará el globo terráqueo, dividida por un diámetro, el ecuador; en éste, dos puntos equidistantes marcados en la circunferencia, los observadores; en la prolongación del diámetro — todo lo más distante que el papel lo permita — un punto representando la Luna. El cálculo fundamental ya es para vosotros evidente: ambos observadores tenían, cada uno, un radio de la Tierra, radio ya medido de 1.272 leguas — así se expresaban entonces, por leguas, no por kilómetros —; lados que á cada uno, respectivamente, servían de base para formar su respectivo triángulo con la recta que, partiendo del centro de la circunferencia, termina en el punto que representa la Luna — otro lado común para los dos observadores —, y cerrando ambos triángulos con las visuales de los observadores al astro.



Venga aquí en buen hora la poquísima ciencia que poseemos : si cada uno de esos observadores ve que la Luna marca un grado de elevación, es evidente que este grado es la medida del ángulo bajo el cual sería visto desde la Luna el radio terrestre; un grado de la circunferencia cuyo centro es el mismo centro de la Luna y cuyo radio es precisamente la distancia entre dicho satélite y la Tierra. Ahora conviene recordar — lo recordaremos — que un ángulo de un grado es próximamente la 58 ava parte del radio; y puesto que se forma en la Luna, con la visual y el paralelaje, un ángulo de un grado y este grado es la medida del radio terrestre, debemos ya deducir que las 1.272 leguas es la 58 ava parte de la distancia de la Tierra á la Luna : luego dicha distancia podrá representarse por esta sencilla expresión :  $1.272 \times 58 = 73.776$  leguas.

También podríamos practicar esa operación con datos más recientes y expresiones más usuales : en primer lugar, usando término más preciso, un grado es la 57'295778 ava parte del radio, y, según las medidas más recientes, el valor del diámetro de la Tierra es de 6.366.000 metros;  $6.366.000 \times 57'295778 = 364.744.922'748$  será la distancia de metros que separa la Tierra de la Luna.

Es verdad que no siempre ese ángulo de la paralelaje acusa un grado, porque esto depende del lugar que la Luna ocupe en su órbita : así la



Luna, observada sucesivamente cada día durante el tiempo que tarda en recorrer su órbita, acusará un ángulo diferente de 54' á 61', en sus distancias máxima y mínima. Ya comprenderéis también que ese cálculo está expuesto con tal concisión, que resulta deficiente: como que no es más que la idea fundamental de una operación complicadísima que jamás, ni aun con los mejores instrumentos, da resultado de matemática exactitud.

Pero, como veis, todos los problemas para determinar distancias están dentro del dominio de la Geometría; y ya Strabon, en la época de la dominación romana, con procedimientos muy sencillos, logró hacer la descripción gráfica del mundo conocido, difundiéndose entre los navegantes el uso de los mapas ó cartas hidrográficas, en las cuales se marcan los derroteros que se obtienen prestando atención continua á todos los accidentes de la navegación: el andar del buque, las direcciones y fuerza del viento, así como las de las corrientes marinas, cuyos datos no son tampoco precisos, sino infinitamente variables, debiendo ser apreciados por la *estima* que el navegante encanecido lleva siempre en su pensamiento.

Más adelante, Ptolomeo perfeccionó las cartas señalando las situaciones de los lugares por sus latitudes y longitudes.

Ya vemos, amiguitos míos, que la navegación



no es arte empírico, sino ajustado á reglas precisas que la Mecánica y la Geometría le han por varios modos suministrado. Nada tiene que envidiar el pensamiento del hombre al instinto de la bestia; los actos de la reflexión van encaminados al cielo; los actos del instinto tienen por término la tierra. El hecho de la navegación no es debido al azar, sino al trabajo inteligente y constante de la voluntad. Aunque la razón se arriesgue buscando el medro ó los goces del triunfo, sólo acomete empresas de éxito probable. El arte de la navegación es de utilidad reconocida : tan grandes son sus ventajas, tantos beneficios ha reportado á los pueblos, que todas las ciencias se pusieron siempre á su servicio; y los pueblos son tanto más florecientes cuantas más embarcaciones dedican al tráfico y á la guerra.



### XIII

#### Conclusión.

Qué, amiguitos míos, ¿os figurabais que el hombre, falto de consejo, sin haber vencido el arte difícil del experimento, acomete empresa tan atrevida como la de la navegación?

Gracias si, con rudimentario esquife, el hombre aislado é ignorante cruza el río, cuyas márgenes cercanas siempre le están ofreciendo la firme seguridad de la tierra; bien si con su pequeña barca recorre la rizada superficie del mar, dando vista á la playa donde se eleva el humo de los tranquilos hogares.

No es la temeridad condición propia de la naturaleza humana; el peligro solamente se arrostra bajo la guía y el amparo de un espíritu prudente y valeroso que sabe dominar y que sabe dirigir: ¡ah! por mucho que sea el arrojo del hombre, nunca se lanza á lo desconocido sin tener una base en qué apoyar su pensamiento indeciso, su ánimo temeroso.

Estad seguros, mis queridos niños, de que los primeros pasos atrevidos en la navegación no fueron dados al azar. No; cuando el navegante se aventuró abandonando la costa, es porque buscaba su guía en el cielo, del mismo modo que



los pastores trashumantes al conducir sus rebaños á comarcas remotas buscando la fertilidad de tierras desconocidas.

Aun sin conocer la estructura del vaso — ya me comprendéis—, bastó al navegante también fijar su atención en la marcha de los astros, en el movimiento giratorio del fanal transparente, el cielo — así os lo he dado á conocer —, para determinar los cuatro puntos que llamamos cardinales: el Sol, á su salida, le marcaba el Oriente en el horizonte; el punto diametralmente opuesto, en el ocaso, fijaba el Occidente; dando la derecha al luminar, tenía enfrente el Norte; á la espalda, en el punto diametralmente opuesto, el Sur.

Por la noche, conociendo también el navegante la disposición en que están en el cielo colocadas las estrellas, determinaba del mismo modo esos cuatro puntos cardinales: entonces le era más fácil tomar el punto de partida en la polar, punto más fijo que el marcado por el Sol, que, como sabéis, recorre continuamente en espiral la faja del Zodíaco.

Como comprendéis, determinando ese cuadrante, con más ó menos exactitud, ya se podían tomar las direcciones necesarias para arribar á las costas; así el marino se iba aventurando á explorar lo desconocido, sirviéndole el cielo de guía, seguro de que, al separarse de las costas, las estrellas le trazarían el camino para encontrarlas.



Entonces, aun sin conocer los procedimientos matemáticos aplicados al cálculo, iba deduciendo, por la velocidad de la marcha y por las direcciones ó rumbos, la situación que ocupaba en el mar — estima —, supliendo la práctica asidua, la constante experimentación, lo que la ciencia todavía no le suministraba. Sin instrumentos de precisión para relacionar las visuales dirigidas á los astros, los ojos del marino suplían todos los aparatos de la Náutica; los ojos que, por mucho que rectifiquen las visuales, acostumbrados á mirar, no tienen escalas de proporciones, ni compás, ni semicírculo graduado, ni reglas comprobadas para trazar una recta.

Aun así, de esa manera deficiente, ya no se entregaba al azar; porque colocado el navegante muy lejos de la playa, en la inmensidad del Océano, sin ver más que cielo y agua, al dirigir su experta mirada á las estrellas, ya calculaba por la inclinación de la polar los grados de latitud, así como, tomando un punto de partida al sorprender la luz meridiana, siguiendo las direcciones de Oriente á Occidente y de Occidente á Oriente, con estimar la velocidad de la marcha, calculaba distancias sumando ó restando grados de longitud.

¿Veis, amiguitos míos, cómo, aun sin estar en posesión del cálculo preciso que la ciencia suministra, la observación razonada adopta medidas de prudencia para asegurar los triunfos?



¡Oh, amiguitos míos!; no me cansaré de repetir que la ciencia es obra del tiempo y del trabajo asiduo; si ahora no es fácil que comprendáis, por falta de preparación conveniente, la exactitud matemática con que se verifican esos cálculos, por lo menos conocéis el fundamento racional de ellos. Eso mismo sucedía al navegante que no había asistido á ninguna escuela de Náutica.

Pues, amiguitos míos, el tiempo es también factor obligado para la estima y el cálculo del navegante. Sí; auxiliar poderoso de la navegación es el tiempo medido, porque marca la sucesión de las cosas relacionando los espacios con las velocidades; y siempre ha preocupado tanto esta cuestión, tan importante ha sido siempre considerada, que aun no había construído el mecánico el primer reloj, cuando los pastores y los navegantes usaban el cronómetro más seguro que haya podido ofrecer la Mecánica; cronómetro invariable, de marcha uniforme; además, no está expuesto á rotura de muelles, dientes y piñones : el cronómetro de que hablamos es la misma esfera celeste.

Ese cronómetro va señalando con incansable regularidad la sucesión de las cosas; ese cronómetro está constantemente expuesto á las miradas de los hombres.

Pues vamos también nosotros, amiguitos míos, á servirnos do ese cronómetro.

¡ Durante el día vemos al Sol, que nace en el



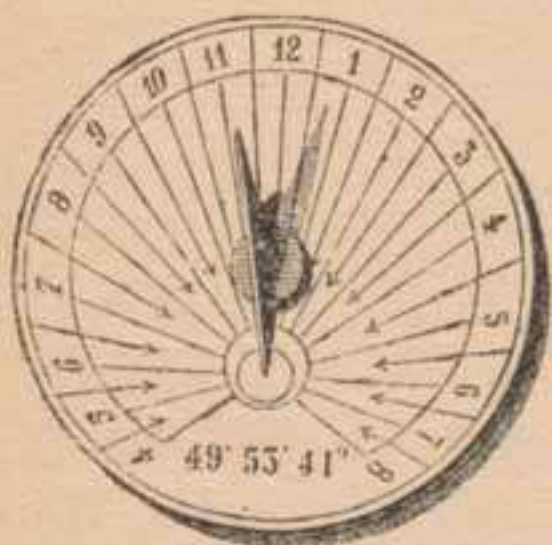
Oriente y muere en el Occidente, trazar perfecto semicírculo; durante la noche vemos las estrellas que aparecen en el Oriente, trazar también semicírculos perfectos hasta que desaparecen en el Occidente. Esta revolución, que completa el día sideral, se efectúa con movimiento uniforme, es decir, que las distancias recorridas son proporcionales á los tiempos, y los observadores — nosotros — podemos seguir á la simple vista los círculos concéntricos al Polo, que son las trayectorias aparentes del Sol y de los demás astros; y según la posición que vayan ocupando en esos círculos, contamos las horas del día sideral, porque los espacios ó distancias recorridos en todos esos círculos son proporcionales á los tiempos; la misma hora marca la estrella que coincide con el círculo polar que la que coincide con el Ecuador, si ambas corresponden á un mismo meridiano.

¿Veis cómo, por la situación de los astros, los primeros astrónomos — los pastores — iban midiendo el tiempo, esto es, contaban las horas del día sideral? Conviene, sin embargo, advertir, por más que para vosotros no haya pasado inadvertido, que la medida del tiempo se obtiene por la observación de una marcha uniforme, la hora, y que esta unidad de medida está relacionada con el punto fijo que ocupa el observador. Siendo, pues, este sistema de medir propio de hombres sedentarios, pudieron aplicarlo también,



durante el día solar, á las proyecciones de las sombras de los objetos fijos — fundamento del reloj de sol que todavía existe en algunas anti-  
quísimas catedrales—; por manera que un árbol

escueto ó el pico de una montaña podían servir de manecillas de relojes.



Reloj de sol.

Y también comprende-  
réis que si el hombre se-  
dentario podía en tierra  
medir el curso del tiempo,  
el navegante tenía que re-  
lacionar esa medida con  
los sucesivos puntos que

durante la navegación iba recorriendo, persuadi-  
do de que, á poco que discurriera, averiguaría  
aproximadamente el grado de longitud de un  
punto, si medía la velocidad de la marcha en pe-  
ríodos determinados. Era necesario, pues, idear  
un aparato que por movimientos sucesivos, cons-  
tantes y uniformes, midiera períodos iguales de  
tiempo: una vasija horadada puede ir desalojando  
un volumen de líquido en tiempo determinado.  
Ya tenemos, por embrionaria que sea, una uni-  
dad de medida, que á voluntad se puede repetir.  
Más tarde, haciendo pruebas, rectificando pro-  
cedimientos debidos al arte de la experimenta-  
ción, al ver que la menuda arena se deslizaba  
con más regularidad por imperceptible orificio,  
el volumen líquido dejó el lugar á los finos gra-



nos de la sílice, que no se evaporan como las gotas del agua. Ya tenemos el reloj de arena, reloj muy apreciado para el marino, á falta de otro mejor, y que mereció la honra de que la graciosa mitología lo pusiese en la mano de Saturno. Lo que tarda en caer á la parte inferior toda la arena depositada en el vaso superior, nos da una unidad de tiempo. Invirtiendo el aparato, esta unidad puede repetirse tantas veces como se quiera. Demuestra su utilidad lo mucho que, hasta nuestros días, ese reloj se ha propagado, sirviendo todavía para calcular distancias y medir la marcha de un buque por el tiempo que transcurre en soltar el hilo la *corredera*.



Reloj de arena.

Ahora, puesto que tenemos reloj, vamos á tomar meridianas: cuando el Sol llega á su mayor altura, es decir, á los  $90^\circ$  del semicírculo celeste cuyo centro es el punto donde nosotros estamos colocados, decimos que es mediodía, que son las doce, que el Sol pasa por el meridiano del lugar donde nos encontramos. Esto quiere decir que los meridianos son infinitos; pero, á fin de arreglar el cronómetro celeste, debemos partir de un meridiano conocido, uno cualquiera, con tal que



siempre podamos referirnos á él. Si tomamos el de Madrid, en Madrid serán las doce del día cuando el Sol se halle sobre su meridiano; y serán las doce del día también en todos los puntos de la Tierra por donde pase ese semicírculo máximo. El otro semicírculo correspondiente al meridiano pasa en sentido diametralmente opuesto, y sobre todos sus puntos son las doce de la noche cuando en Madrid son las doce del día. Ahí tenemos el cronómetro sideral con las veinticuatro horas. Luego con 24 semimeridianos tenemos arreglado el reloj; y todos los paralelos serán horarios, marcarán sus horas de 15 en 15°, porque  $15 \times 24 = 360$ : los grados de las circunferencias.

Pues ahora, sobre el mar, podremos á las doce del día situar el punto donde nos encontremos. Determinemos las derrotas: si la nave lleva rumbo fijo de Norte á Sur, ó viceversa, recorrerá siempre el mismo meridiano; por manera que desde las doce de un día á las del siguiente se han completado las veinticuatro horas del sideral, es decir, la longitud es la misma; entonces, para medir la latitud basta medir la altura del Polo sobre el horizonte del punto donde nos hallemos, la cual se obtiene observando la declinación del Sol; si tomamos el rumbo de un paralelo, la latitud siempre es la misma, y observaremos el paso del Sol cada día por diferente meridiano; y á falta de un buen cronómetro, podemos apreciar



la longitud Este ú Oeste por la estima de la velocidad de la marcha.

Ahí tenéis el procedimiento práctico que empleó el ilustre marino Gonzalo Velho Cabral para fijar la situación de la isla de Santa Maria del archipiélago de las Azores: la latitud, determinada por la altura del Polo sobre el horizonte del lugar; la longitud á la costa portuguesa, por la estima del tiempo transcurrido en la derrota, anotando la diferencia de hora que, por cálculo, diariamente observaba en cada meridiano.

Luego, con un buen cronómetro de fábrica, tomando las meridianas de un día para otro, es decir, confrontando el cronómetro todos los días á las 12<sup>h</sup>, averiguamos la longitud por la diferencia de hora del punto donde nos encontramos con relación al del día anterior.

Ahora comprenderéis también, amiguitos míos, cómo se he podido medir, cada vez más aproximadamente, esa extensión de agua y tierra de que se compone el planeta donde vivimos, y cómo se consigue señalar en las *cartas* el punto en que está situado cada lugar; pero, ¡cuánta paciencia y constancia no supone esa labor de siglos! Mucho hemos recorrido en un momento, y vamos á retroceder.

Desde mil quinientos años antes de Jesucristo, época en que los fenicios exploraron las costas del Mediterráneo, hasta el siglo xiv de nuestra Era, la navegación casi se redujo á seguir los



contornos de las costas; así fueron reconocidas las tres partes del mundo de los antiguos: Europa, donde se reconcentraba la cultura de pueblos ya decadentes; Asia, con sus numerosas islas y los mares que las bañan; África, cuna de florecientes civilizaciones ya olvidadas en la última época á que nos referimos.

La navegación fué progresando con las ciencias de aplicación, ciencias de carácter universal que sobreviven á las ruinas de los pueblos. Sí, amiguitos míos; la medición de la Tierra para determinar su figura, su volumen, su aspecto, pudiéramos llamarlo fisonómico, con sus sistemas de cordilleras, sus planicies, sus hondonadas, el curso de los ríos, el contorno de las costas, las extensiones de los grandes y pequeños mares, las islas, fué obra de esos incansables geógrafos que lograron fijar las sinuosidades y los contornos de la parte sólida de la Tierra, cuyas líneas no son trazadas á capricho, sino bajo la dirección y guía de la ciencia matemática. El trazado de esos contornos supone la medición de infinitos rayos visuales y de infinitas bases paralelas. Considerad, pues, el infinito número de triángulos que han debido trazarse para determinar esos contornos de los continentes y de las islas, y para situar cada lugar en el punto correspondiente á su latitud y longitud.

Ahí tenéis el trabajo de muchísimas generaciones; á ese trabajo se deben las *cartas geográficas*,



sin las cuales sería imposible la navegación de altura. Con esas cartas, averiguando diariamente la situación del lugar donde el navegante se encuentra, se determina el rumbo: basta unir, por medio de una recta, ese punto — el de la situación — con aquel al cual la nave se dirige: esta corrección diaria va marcando el derrotero.

Me diréis, sin embargo, mis queridos niños, que hasta ahora, lo mismo de día que de noche, el cielo hermoso, despejado, nos ha permitido ver el curso del Sol y de las estrellas; pero ¿qué haría el navegante cuando la cerrazón cubría el cielo y su bajel se encontraba sobre el amplia y temerosa superficie de los mares?

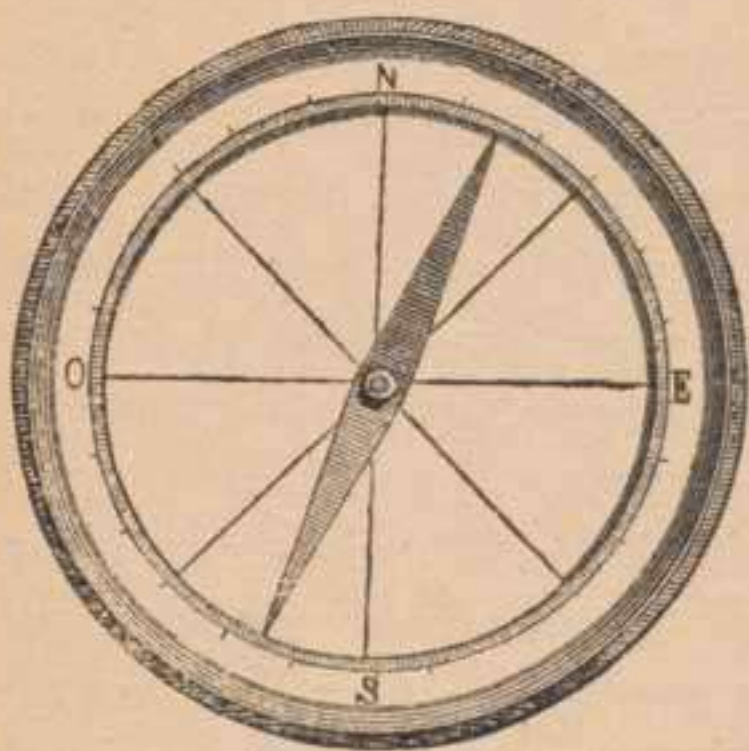
Pues, ¿qué había de hacer? Nada, amiguitos míos, nada; si en esas circunstancias no se puede determinar el rumbo, esperar á que las nubes se disipen para que vuelvan á aparecer los lumináres que sirven de guía desde el cielo.

Sí; esas cerrazones, que llevan la perplejidad al ánimo é imponen miedo al corazón, en el mar son muy frecuentes: por eso transcurrieron tantos siglos antes que el navegante se decidiera á cruzar las aguas del Océano; y comprenderéis con cuánto regocijo celebró la aparición de la BRÚJULA, cuyo perfeccionamiento y uso práctico se deben al ilustre Flavio Gioja al comienzo del siglo XIV.

Fijaos bien en ese sencillo y precioso aparato, y saludad á su inventor.



La brújula no es más que una aguja imantada que se coloca sobre un eje para sostenerla en equilibrio y en posición horizontal: ya lo veis; siempre conserva la misma dirección de Norte á Sur, la misma del eje de la Tierra; esa es la dirección que, en cualquier punto donde nos situemos,



Brújula.

ha de marcar constantemente: ya lo sabéis, de Norte á Sur. La dirección de Este á Oeste la determinará la perpendicular que pase por el centro de la aguja, también paralela al horizonte; y trazando bisectrices, se

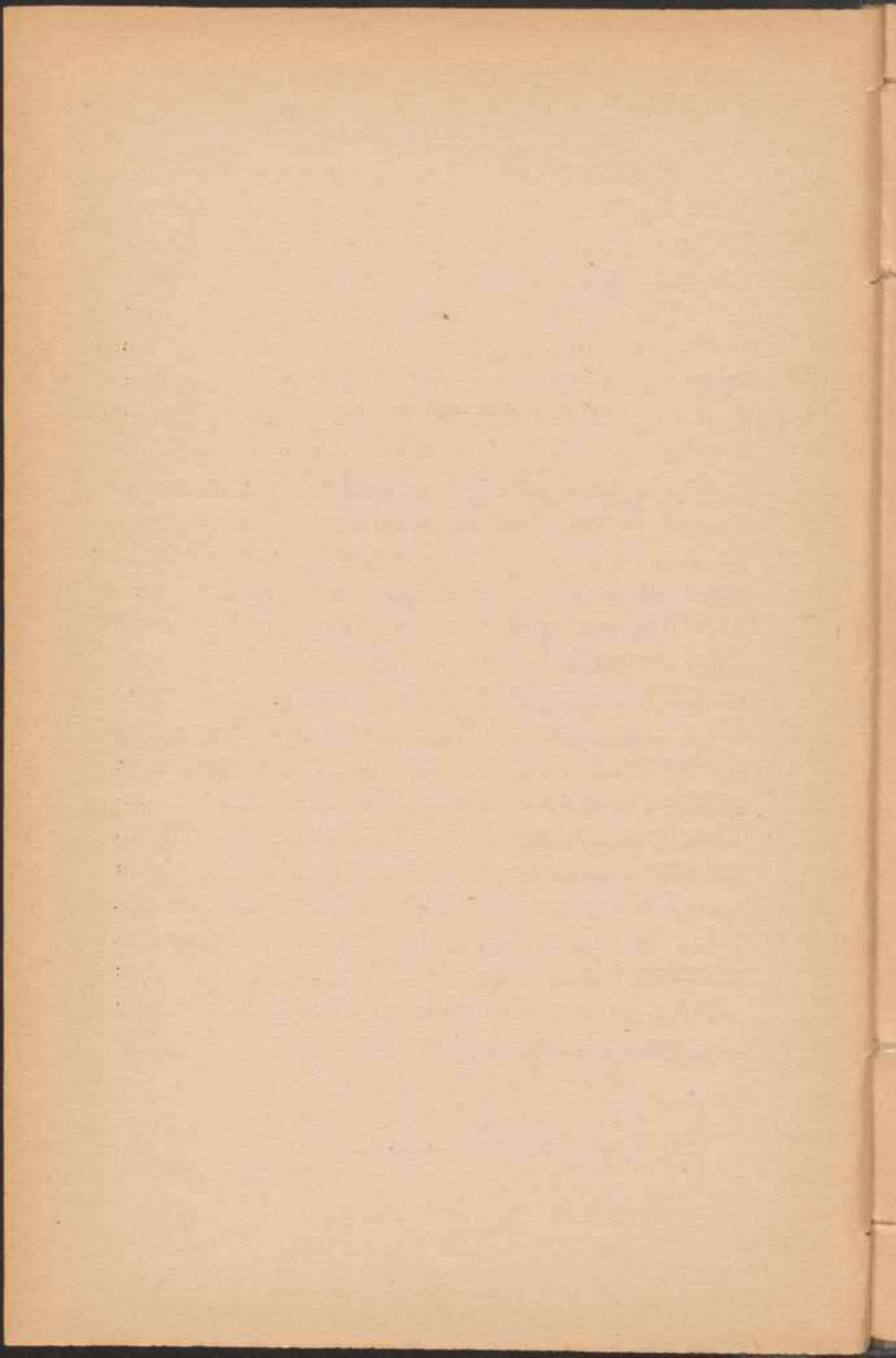
marcan 32 direcciones clasificadas del modo siguiente: puntos cardinales: Norte, Sur, Este, Oeste; puntos intermedios: Nordeste, Sudeste, Sudoeste, Noroeste; intermedios de esa nueva división: Nornordeste, Estenordeste, Estesudeste, Sursudeste, Sursudoeste, Oestesudoeste, Oestenordeste, Nornoroeste. Las otras 16 subdivisiones se expresan añadiendo la palabra *cuarta* entre las dos direcciones contiguas; así se dice Norte cuarta al Nornordeste. Esa es la llamada ROSA NÁUTICA.



La brújula, pues, abre en cualquier parte de la Tierra 32 caminos marcados por las líneas de la ROSA, caminos que conducen á puntos determinados, todos los que se hallan en la misma dirección; puesto que trazando en el mapa una recta para unir el punto de situación con el de término, esa línea marcará la derrota, que estará sobre una de esas 32 direcciones ó muy próxima á ellas.

Y aquí terminamos, amiguitos míos. Para vuestro pez de madera basta con este sucinto bosquejo del arte de navegar. Si queréis, andando el tiempo, engolfaros en los mares de la ciencia, tendréis que embarcar en mejor buque. ¡Si con esta frágil navecilla apenas hemos bordeado las costas! Poco, amiguitos míos, poco hemos aprendido; ni aun los conocimientos que poseían aquellos geógrafos de la antigüedad : cada época va señalando más alto nivel en ciencias, artes é industrias; y es necesario que el hombre se haga digno de su época. Gracias, mis queridos niños, por la atención que me habéis prestado. ¡Ojalá que mis infantiles disertaciones fructifiquen en vuestros entendimientos como semilla arrojada en tierra virgen, la cual devuelve en abundante cosecha los pocos gérmenes que recibe!







# ÍNDICE

---

|  | <u>Páginas.</u> |
|--|-----------------|
| I. — Mi promesa. ....                                | 5               |
| II. — La observación. ....                           | 14              |
| III. — El padre de la civilización. ....             | 23              |
| IV. — La Industria ....                              | 34              |
| V. — La Mecánica. ....                               | 47              |
| VI. — El mecánico. ....                              | 69              |
| VII. — La Ciencia bosquejada por el raciocinio. .... | 88              |
| VIII. — La cola del pez. ....                        | 104             |
| IX. — El pez-pájaro ...                              | 117             |
| X. — El vaso de agua ....                            | 137             |
| XI. — El fanal del vaso ....                         | 149             |
| XII. — Desde los bordes del vaso ...                 | 159             |
| XIII. — Conclusión. ....                             | 177             |

---



