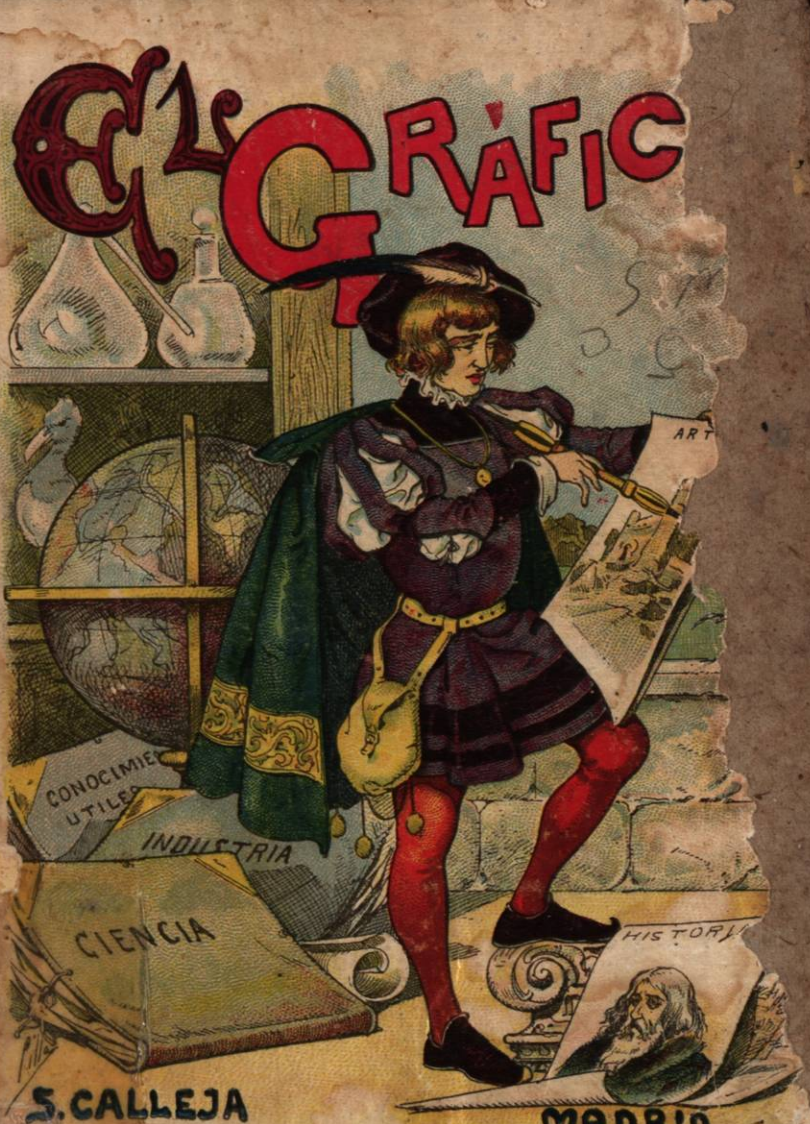
EL GRÁFIC



S. CALLEJA

MADRID

EL PENSAMIENTO INFANTIL

SEXTA PARTE

K- 367184 L.T. 490

EL PENSAMIENTO INFANTIL

MÉTODO DE LECTURA

CONFORME CON LA INTELIGENCIA DE LOS NIÑOS

DISPUESTO POR

Saturnino Calleja Fernández

Aprobado por la Autoridad eclesiástica y por el Consejo de Instrucción Pública según Real orden de 9 de Enero de 1895.

SEXTA PARTE

EL GRÁFICO

Trabajos manuales y lecciones de cosas sobre ciencias, artes y oficios.

(DE AUTOR ANÓNIMO)

EDICIÓN ILUSTRADA CON 1.200 GRABADOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA BIBLIOTECA

MADRID

SATURNINO CALLEJA, EDITOR

Calle de Valencia, núm. 28.

CASA FUNDADA EL AÑO 1876

Es propiedad del editor.

Imp. de Bernardo Rodríguez, Barquillo, 8, Madrid.

UNED

EL GRÁFICO

PRÓLOGO

Tiene por objeto esta obrita dar á los niños nociones muy superficiales de hechos relacionados con el mundo material, esto es, con las Ciencias físicas, Agricultura, Metalurgia, Mecánica, Química y práctica de industrias; nociones que pueden servir de base á estudios más profundos en aquellos que hayan de hacerlos por razón de las carreras ó profesiones á que después se dediquen, y que á la generalidad nunca estarán de más, por su frecuente aplicación á la práctica de la vida.

Habiendo de ser tan elemental como se requiere para la inteligencia de los que han de leerlo, cuanto se diga sobre las indicadas materias, por lo mismo, debe ser ri-

UNED

gurosamente exacto; pues sería intolerable que, tras de hablarse poquísimo de una cosa, fuera falso ó siquiera discutible lo que se dijese. La exactitud es, pues, la primera condición que nos hemos impuesto y que creemos haber satisfecho.

Nuestro modo de llenar la segunda, que entendemos debe ser la claridad en las explicaciones, justifica y da la razón del título que lleva esta obra; porque no siendo fácil dar idea con sólo palabras de asuntos tan materiales como los que forman su argumento, hemos recurrido al dibujo, ya que no haya mejor manera de suplir á la vista y al tacto en la descripción de objetos que sólo viéndolos y palpándolos pueden ser bien entendidos. Y como sólo los muy habituados á estudios científicos se forman cabal idea de la forma de las cosas por su representación en cortes y proyecciones, hemos agregado muchas veces á este último sistema de expresión gráfica de los objetos el de la vista de ellos en perspectiva, que es como en realidad se nos presentan.

Otra condición más, importantísima en obras de la índole de la presente y que por muy difícil de conseguir tratándose de asuntos tan áridos é indigestos y por la pequeñez de nuestras fuerzas desconfiamos mucho de haber logrado, es la amenidad. Buscándola, hemos sacrificado ó pospuesto otras condiciones á que quisieran quizás algunos que se hubiera dado la preferencia: el riguroso orden lógico en la exposición de los hechos, yendo gradualmente de lo pequeño á lo grande, de lo sencillo á lo complicado; la cantidad de materias, y la forma didáctica de tratarlas.

Parecerá á algunos ilógico que se hable de barómetros, máquinas de vapor, fuerza centrífuga, gravitación, péndulos cónicos, calor, temperaturas, etc., sin haber definido y explicado antes lo que es aire, agua, vidrio, azogue, hierro, vapor y otras tales cosas; hubiera parecido mejor á otros que el tiempo y espacio destinados á dar

UNED

ideas sobre cien objetos, por ejemplo, se hubiera dedicado á tratar más ligeramente todavía de lo que aquí se trata, que no es poco, de doscientos ó trescientos; y no faltarán tampoco quienes hubieran preferido á la forma dialogada que muchas veces hemos adoptado en la explicación, la de una relación no interrumpida, formada de largos períodos, por más seria y propia de obras doctrinales.

Al proceder como lo hemos hecho, sin otro orden que el que la misma narración va indicando, creemos haber obedecido á las leyes de la práctica, que son las de la Naturaleza, que no observa ese orden lógico de lo chico á lo grande ó de lo sencillo á lo complicado para enseñar á los hombres, sino el completamente arbitrario que se deriva de la sucesión de los hechos y de la consiguiente de las sensaciones que esos hechos producen. Todos aprendemos á hablar sin tener idea, no ya de lo que son nombres, verbos y adverbios, sino de que tales cosas existan; y lo más común es que se conozcan multitud de cosas naturales y artificiales sin tener idea ni de la naturaleza de ellas, ni de las materias de que se hacen, ni del modo de hacerlas. Hasta los párvulos de nuestras ciudades están familiarizados con los fósforos, los coches eléctricos, las máquinas de vapor y mil otros objetos producto de lo más adelantado de la industria, sin saber sus fundamentos ni tener siquiera noticia de otros objetos primitivos y sencillísimos, cuyo uso y conocimiento se remonta á los tiempos prehistóricos. La manía de dar definiciones (por lo general erróneas, como casi todas las definiciones) de cosas que todos conocemos sin definirlas, y de ir gradualmente de lo pequeño á lo grande en la exposición de las ideas, complica y dificulta muchas veces, más que allana, el estudio. El explicar lo que son las especies animales y vegetales comenzando por definir y explicar lo que es el protoplasma, será todo lo científico que se quiera, pero, indudablemente, nada práctico.

En cuanto al número de asuntos ú objetos de que se trata en esta obrita, se ha sometido á sus dimensiones, que por diversos motivos no convenía exagerar, y á la necesidad imprescindible de ser claros en la exposición de cada materia, dentro de la limitadísima esfera en que dicha exposición tenía que encerrarse. Ya sabemos que caben muchos más objetos en este libro de los que en él se comprenden; pero si ha de decirse de ellos todavía menos de lo que aquí se dice, tanto valdría un diccionario, y no ha sido hacer un diccionario nuestro propósito.

En la forma de diálogo que muchas veces hemos adoptado en la narración, no hemos perseguido otro fin que el de amenizarla, evitando en lo posible los períodos largos y el tono sentencioso, que si suele ser árido é indigesto para hombres hechos á la lectura, con más razón ha de serlo para niños, incapaces, por la movilidad de su pensamiento, de sostener la atención fija por largo tiempo en los asuntos expuestos de esa manera. Repetimos, con todo, la expresión de nuestra desconfianza de haber conseguido la amenidad, que es para nosotros, después de la exactitud y de la claridad, la primera condición con que debe cumplir este linaje de obras.

Hemos procurado evitar el empleo de vocablos que no puedan calificarse de corrientes y al alcance de quienquiera que sepa el idioma, aunque no esté versado en el tecnicismo industrial y científico. Si alguno que otro se nos ha deslizado, bien por inadvertencia, bien por la imposibilidad de sustituirlo por otro más llano y vulgar, á los maestros queda aclarar su significado á los niños.

Nuestra primera idea fué muy otra. Al tratar de Agricultura, Industrias y Artes, pensamos valernos de los términos propios de ellas; pero tropezamos con la dificultad de elegir entre los muy diversos con que las cosas pertenecientes á esas materias son conocidas en unas y otras comarcas donde se habla nuestra lengua. Palabras muy

UNED

usuales en unas partes para designar plantas, árboles, frutas, legumbres, aperos de labranza, herramientas de oficios y mil otros objetos de uso común, suelen ser desconocidas en otras; y es muy frecuente que el mismo nombre que en una región ó provincia se aplica á un objeto, sirva en otras para designar otro completamente distinto.

Los diccionarios no resuelven las dudas, porque aun los mejores son incompletísimos, no sólo en lo tocante al vocabulario, sino en otros muchos conceptos que omitimos por ajenos á nuestro asunto. Obligados, pues, á renunciar al empleo de términos propios de artes y oficios que sean comunes á todas las variedades de nuestra lengua, y huyendo del defecto, tan común hoy, de usar vocablos y giros franceses completamente extraños á todas las dichas variedades, y que sólo por ignorancia se han abierto paso á la lengua literaria, hemos procurado expresarnos siempre en el lenguaje más vulgar, acudiendo á veces hasta á largos rodeos para expresar las cosas, sacrificando así la concisión y la elegancia del lenguaje, dado que hubiéramos podido conseguirlas, á la claridad en la expresión del pensamiento.

En el primer capítulo debe verse, más que parte de la obra, una introducción á ella en que se da ligerísima idea de procedimientos de enseñanza muy en boga hoy, en los cuales, como es notorio, se concede á la gimnasia y ejercicios físicos, y á los trabajos manuales en madera, arcilla, yeso, alambre, papel y cartón, toda la importancia que verdaderamente tienen: aquellos primeros, para el desarrollo físico del individuo, y los últimos, como preparación para el estudio de la Geometría, Arquitectura y Escultura, como conducentes á infundir en los niños aficiones estéticas, y á dar habilidad y soltura á sus manos.

En los capítulos siguientes se dan ideas generales y elementales sobre las fuerzas físicas y sobre los cuerpos y

sus propiedades; se explican muy por encima los instrumentos elementales y las máquinas llamadas simples, como la palanca, el tornillo, la polea, etc., y se explican los procedimientos industriales y metalúrgicos y los que se siguen en la práctica de la agricultura y de varios oficios; todo ello interpolado con hechos tocantes á materias de difícil clasificación, que al par que dan á este libro un carácter análogo al de los que suelen llevar por título el de «lecciones de cosas», lo colocan, hasta cierto punto, en el número de esos otros que tratan de trabajos manuales.

No nos hemos sujetado, repetimos, á guardar un orden riguroso en la exposición de los asuntos, sino que les hemos ido dando cabida según lo iba pidiendo el mismo movimiento de ideas sobre que versaba la narración ó el diálogo. Muchas veces se hace oportuno hablar de cosas que, aunque parezcan fuera de lugar, están perfectamente al alcance de los niños, por poco que se fijen en las explicaciones y en los grabados con que se las ilustra.

CAPÍTULO PRIMERO

Cómo educaba Don Juan á sus hijos y discípulos.

Hallándome veraneando en la aldea de Peñaguda, dedicado á la caza y á hacer excursiones, á veces lejanas, por la provincia, trabé conocimiento con Don Juan Fernández, que habitaba en el campo, como á legua y media de allí, rodeado de su mujer, su suegra, una cuñada, varias otras personas que estaban con él de temporada, y una numerosísima prole que no bajaba de diez muchachos entre varones y hembras, á cuyo número hay que agregar todavía el de otros varios muchachos de ambos sexos, hijos de parientes y amigos que se los habían encomendado á Don Juan para que se los educase.

Habíame servido de introductor para con Don Juan, de quien acabé por hacerme muy amigo, uno muy íntimo mío, Don Joaquín Correa, que era algo pariente suyo, y cuyo hijo de su mismo nombre se había educado en casa de Don Juan y había sido uno de sus discípulos más listos y aprovechados.

Muy al contrario que en aquellas familias en que todos los cuidados y refinamientos en la educación se han reservado para el primogénito, quedando sólo sobras, cada vez más esquilma-

das, para los siguientes, en la de Don Juan era siempre el último el que salía mejor librado de todos, por aprovecharse de la experiencia adquirida por su padre en la enseñanza y educación de los anteriores.

Pero conviene advertir que Don Juan era un hombre singularísimo, que había hecho de la enseñanza su principal y casi exclusiva profesión, si bien la aplicaba sólo á su familia y á la de unos cuantos parientes y amigos íntimos.

Hubiérale permitido la cuantiosa fortuna de sus padres prescindir absolutamente de todo lo que se llama una carrera; pero obligado por ellos á seguir una, optó por la del Magisterio, muy acomodada á sus gustos, y más por poder decir que la tenía que por ejercerla.

Distó mucho, con todo, de serle inútil, porque aplicó primero los conocimientos adquiridos en ella á la administración de sus fincas, con no poco beneficio de sus intereses, y después á la educación de su numerosa prole.

Tenía Don Juan, además de vastísima instrucción, que en algunas materias era muy honda, muy grandes disposiciones naturales para la enseñanza, sin el cual requisito no se puede llegar á ser un buen pedagogo. Quien no sabe una cosa seguramente no podrá enseñarla; pero aun sabiéndola á la perfección, es muy frecuente que no se tenga habilidad para transmitir á otro su conocimiento.

Con razón, pues, predomina hoy entre los que han hecho la Pedagogía objeto de sus estudios y lucubraciones, la idea de que á profesores de enseñanza, y no á maestros ni á oficiales mecánicos, por hábiles que sean en sus oficios, debe encomendarse el enseñarlos á los alumnos de aquellas escuelas en que, entre los sistemas modernos pedagógicos, se ha adoptado el de combinar los estudios orales y teóricos con la práctica de oficios manuales.

Muchas de esas personas curiosas que al visitar un taller ó una fábrica quieren enterarse del proceso general de la industria y de pormenores concernientes á ella, han podido advertir la incapacidad, muy general en los maestros y operarios, para dar ideas y explicaciones satisfactorias acerca de aquello mismo que tienen entre manos, y que ejecutan á veces muy primorosamente. La mejor manera de aprender con ellos es viéndolos trabajar é imitando lo que hacen.

UNED

Para enseñar se requiere, tanto como saber lo que ha de enseñarse, saber enseñarlo; condiciones ambas que reunía don Juan en alto grado, porque además de ser instruidísimo tenía grandísima paciencia y elocuencia natural para hacer comprender las cosas á sus discípulos, y muchas habilidades que sólo requieren práctica y soltura de manos.

Con verdadera vocación por la Pedagogía, había visitado los más famosos centros docentes de Europa y América, y seguía con interés todo el movimiento de esa difícil ciencia, tan importante para el porvenir de la Humanidad, cuanto que tiene por fin el de preparar, y casi pud.era decirse formar, los elementos que han de componerla. Ni un solo libro notable, ni una sola publicación periódica importante sobre asuntos de enseñanza faltaban de su biblioteca.

En la educación de sus alumnos no obedecía servilmente á ninguno de los sistemas en boga. Tomaba de cada uno de ellos lo que creía mejor, modificado por procedimientos de su cosecha que también sufrían las variaciones y enmiendas que la experiencia le iba sucesivamente aconsejando.

También debo recordar la ventaja que para poner en práctica los sistemas que tenía por conveniente le daba su abundancia en elementos de toda clase, por costosos que fuesen.

Un día en que, como lo había yo tomado por costumbre durante los tres meses que me pasé veraneando en Peñaguda, había ido á visitarlo y á presenciar sus lecciones andando á caballo la legua y media que me separaba de su casa, me entretuvo largo rato hablándome sobre asuntos relativos á la enseñanza y educación de sus alumnos.

—Después de muchos años de práctica, he venido á parar—me dijo—en que el mejor sistema pedagógico es el que nos dicta bien claramente la Naturaleza. El niño siente un afán inmoderado de movimiento, una irresistible tendencia á la imitación, una curiosidad insaciable. Pues hay que dejarse llevar por la corriente y aprovechar esas inclinaciones naturales, y ni por asomo contrariarlas. El deseo de moverse, por ejemplo, lo siente el hombre desde los primeros días de su vida hasta bastante más allá de los veinte años. Es indudable que lo infunde la Naturaleza para desarrollar y fortalecer los huesos y los músculos. Todo sistema de educación que lo contraríe es decididamente malo, y á veces funestísimo. Mis hijos y cuantos mu-

chachos tenga yo que educar, correrán, saltarán, treparán á los árboles, tirarán piedras, jugarán al aro, á la pelota, al marro, y harán cuantos ejercicios quieran, sin tasa ni medida.

»Pero ya comprenderá usted—siguió diciéndome—que tal sistema sólo puede seguirse viviendo en la forma que yo vivo: en medio del campo, donde pueden correr y saltar los muchachos á su antojo, sin miedo de molestar á nadie ni de lastimarse ellos mismos. No sabe usted bien las ventajas que hay en educar á los muchachos de esta manera, con espacios ilimitados para que se muevan y teniéndolos constantemente á la vista. Los maestros que viven en ciudades y grandes centros de población luchan con grandísimos inconvenientes, porque lo que ellos hacen por una parte, lo deshacen por otra las malas compañías y los malos ejemplos, que pueden influir sobre sus educandos en las muchas horas que no están en la escuela.

»Y aparte de que no hay sistema perfecto de educación que no se base en un frecuente ejercicio, que no es posible verificar sino incompletamente en los locales estrechos de que ordinariamente se dispone en las ciudades, y en una vigilancia constante del maestro sobre los discípulos, que tampoco es posible donde se van éstos á la calle acabadas las horas de clase, ¿cómo puede el maestro atender al desarrollo físico y á la salud de sus alumnos donde no está en su mano disponer las horas de las comidas, la cantidad de los alimentos, el tiempo que ha de destinarse al sueño, etc.? La gimnasia, aplicada á organismos empobrecidos por un aire impuro y por una alimentación malsana ó insuficiente, no puede producir sino muy incompletamente los efectos que en ella se buscan.»

Ya sabía yo, por otras conversaciones que con él había tenido, la gran importancia que daba á los ejercicios físicos. El tan antiguo y conocido precepto de *Mens sana in corpore sano,* no se le caía de la boca. Decía que no hay cuerpo sano sin ejercicio, siendo en eso el cuerpo semejante al agua, que en cuanto se estanca se corrompe.

—Hay que tener también muy presente—me dijo otro día hablando sobre lo mismo—que hoy que se tiende en todas partes á encomendar á todos la defensa de los territorios, de los Estados y de las sociedades políticas, hay que preparar á los muchachos, no sólo para ciudadanos, sino para soldados; y es un error creer que se consigue enseñando á los niños á andar á

compás y á hacer evoluciones. Hay que ahondar más en lo material y en lo moral, haciéndolos fuertes de cuerpo y de ánimo, disciplinados, obedientes y diestros cuanto sea posible en el tiro, la esgrima y la equitación. Hombres vigorosos, valientes, disciplinados, que tiren bien, monten bien y manejen bien las armas, son ya excelentes soldados aunque no sepan marchar á compás ni hacer evoluciones: los boers lo han probado en su última guerra, teniendo largo tiempo en jaque, á pesar de la insignificancia de su número, á la poderosísima Inglaterra.

Era también Don Juan fervoroso partidario de los trabajos manuales, pero sólo medianamente de los en papel, cartón y alambre, que, aunque no inútiles, tienen poquísima aplicación á la práctica de la vida y pecan de sobrado sedentarios.

En cambio, hacía practicarse desde muy temprano á sus alumnos en muy extraños ejercicios, como clavar estacas y clavos con mazos y martillos, ora en el suelo, ora en tablones; en atornillar, aserrar, cepillar, barrenar, taladrar, tornear y otras faenas, que de paso que exigen esfuerzos más ó menos violentos, educan la vista y afirman el pulso.

—No crea usted—me decía—que sea cosa tan fácil clavar un clavo sin que se tuerza y sin dar martillazos en falso, ó enroscar bien derecho un tornillo, ó sacar también derecho un agujero con la barrena. Son operaciones que exigen cierta maña, que preparan para verificar otras más difíciles y que tienen aplicación á todo.

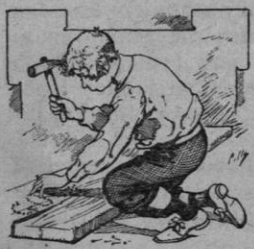
—Pero supongo—le dije—que los de más edad no tendrán ya que aprender eso, pues deben de tenerlo más que sabido.

—Por supuesto—me contestó—. ¡Pues lucidos estarían si tuvieran ahora que aprender á clavar y atornillar! Trabajan, sin embargo, á veces todos juntos, tanto para animarse unos á otros, como para que los más pequeños aprendan con el ejemplo de los mayores. No hay que olvidar que el instinto de imitación es uno de los más dominantes en los niños y aun en los hombres, y sería imperdonable no aprovecharlo en la enseñanza. Gracias á él, los últimos y menores de mis alumnos han tar-

dado menos que los mayores en aprender muchas cosas, entre ellas á leer y escribir.

»Ahora mismo va usted á verlo prácticamente.

»¡Ven acá, Gonzalo—exclamó, dirigiéndose á uno de los más chicos—. Este tiene siete años—prosiguió—, y ha tardado sólo seis meses en aprender á leer y escribir por el procedimiento que va usted á ver.



»Escribe tu nombre en ese tablón—le dijo; y el muchacho, sin vacilar un momento, escribió su nombre con clavos, que fué introduciendo uno á uno rápidamente á martillazos en el tablón.

»Ahora ya no se hace, porque todos saben leer y escribir; pero antes se señalaba cada día una letra, que habían de dibujar de esa manera los alumnos. Es un procedimiento que ayuda también mucho al aprendizaje de las figuras geométricas planas.» *(Véanse las notas al fin del capítulo.)*

Hacía también bastante uso para la enseñanza de la Geometría y de sus numerosas aplicaciones á la construcción y á las artes, de prismas, esferas, pirámides y otros cuerpos sólidos geométricos hechos de madera, arcilla y yeso, y de esos juguetes llamados rompecabezas, que al par que entretienen, obligan á discurrir para combinar los diversos trozos de que se componen.

Había adoptado del sistema de Nääs, que se basa, como es muy sabido entre los que se dedican á estudios pedagógicos, en el trabajo de la madera, el hacer que los mismos muchachos labrasen, no sólo los dichos juguetes y figuras geométricas, sino pequeños trozos en forma de sillares, que, reunidos después, constituían muros, pilares, columnas, arcos, bóvedas y otros elementos arquitectónicos acomodados á los dibujos que Don Juan les hacía al principio y que después trazaban ellos mismos. Igualmente se valían para esos trabajos de materias más dóciles, como el yeso y la arcilla. Así les hacía Don Juan adquirir nociones del corte de piedras.

Instruíanse también los alumnos de Don Juan en el tiro, no con pólvora y armas de fuego, que no admitía él por peligrosas, sino, primero, lanzando piedras con la mano y con honda,

y después haciendo lo mismo con venablos y con arcos y flechas, ejercicio este último tan en boga hoy en Inglaterra y Francia, aunque más entre hombres hechos que entre niños, tan aconsejado por los médicos higienistas, por lo que desarrollan los brazos y el tórax, y tan útil para el aprendizaje del tiro de guerra; porque, como decía muy bien Don Juan, quien ejercita la

Tirando con honda.

Lanzando el venablo.

vista para acertar á un blanco á ciento ó ciento cincuenta metros, tiene muchísimo adelantado para tirar á mil con las armas de fuego más perfectas.

Enseñaba también la natación y la equitación á sus alumnos, valiéndose de los caballos y animales que tenía en la finca.

El sistema que tenía de enseñarles la Geografía era curiosísimo.

El espacio de unas cuarenta fanegas de tierra en torno de la casa, ya de por sí muy llano, destinado al principio á la enseñanza práctica de la Agricultura y Horticultura, se le ocurrió á Don Juan hacerlo servir también para la de la Geografía, y en no poco para la de la Historia, por la estrecha relación que hay entre ambas ciencias.

Fué desde entonces cubriéndose ese terreno de eminencias, zanjas y plantíos que representaban las montañas, llanuras, ríos, lagos y demás pormenores físicos de la mayor parte de Europa y de las regiones más vecinas de Africa y Asia (*).

—Hoy tenemos que regar el campo de habichuelas que está

(*) Al escribir estos renglones ignorábamos, pero después hemos sabido, que el procedimiento que se indica lleva largo tiempo implantado en Granada por el Sr. Manjón.

cerca de Belgrado; mañana nos toca arar la Silesia; me di un tropezón al pasar los Alpes—eran frases muy comunes entre los alumnos.

En el tiempo á que esta relación se refiere, se hallaba en vías de construcción ese mapa, que pudiéramos llamar natural, siendo los mismos alumnos dirigidos por Don Juan los que se ocupaban en diseñarlo y levantarlo, guiándose por una carta geográfica de las comunes. Los ríos y mares no eran corrientes continuas ni depósitos permanentes de agua, sino zanjas y excavaciones que se henchían de ella cuando lo exigían las necesidades del cultivo.

Preguntéle á Don Juan que por qué había representado de esa original manera sólo el mapa de una parte del antiguo continente y no el de todo el mundo, y me contestó que por dos razones: la primera, por no incurrir en el error de figurar como plano lo que verdaderamente es esférico; y la segunda, porque versando toda la Historia que nos interesa, y de que tenemos claras noticias, sobre las regiones de Europa, Asia Menor y Norte de Africa, había considerado de poco provecho el tiempo que se dedicase á representar el resto del mundo.

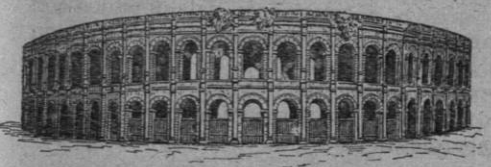
—Sé que va usted á decirme que tampoco es plana, sino que comprende bastante extensión de superficie esférica la parte del mundo que está aquí representada; pero el error que se comete al prescindir de su curvatura es tolerable, lo que no sucedería con la superficie terrestre toda entera.

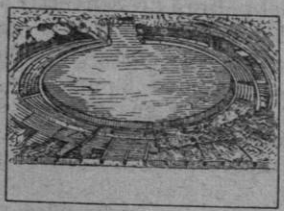
»Hubiera querido destinar un campo aparte para la representación del continente é islas de América, porque siendo tan europeas su población y su historia que puede considerárselas como prolongación de las nuestras, había cierta inconsecuencia en prescindir de esa importantísima parte del mundo; pero tuve que desistir de mi intento al considerar la desproporción entre la magnitud del terreno y la del trabajo que hubieran sido necesarios para representarla fielmente, y la brevedad de su historia y despoblación de su territorio; aparte de que el error de prescindir de la curvatura de la superficie terrestre, disculpable donde sólo se represente el continente de Europa hasta el mar Negro, la costa Norte de Africa y el Asia Menor, no sería tolerable en la representación de un continente como el de América, que se extiende en sentido Norte Sur sobre casi la mitad del globo terráqueo. *(Véase la nota III al fin del capítulo.)*

»Así, para la representación del Globo en general he tenido que conformarme con la gran esfera de barro que tenemos allá en la casa, y que ya usted conoce, y que, como recordará, tiene diez pies de diámetro, y representados en relieve en su superficie los principales accidentes del terreno, como cordilleras y ríos, y las más importantes ciudades del mundo.»

Choza.

Las de las partes de Europa, Asia y Africa que se figuraban en el campo de que vengo hablando, estaban también representadas por pequeñas chozas ó barracas, unas rústicas y otras muy bien hechas, de madera, piedra ó ladrillo, por los mismos muchachos, las cuales se destinaban á guardar aperos de labranza, á resguardarse de la lluvia, y á otros usos.





El primero de estos dos grabados representa las famosas *Arenas* de Nimes, edificio que, como el famoso *Coliseo* de Roma y otros semejantes, hoy en ruinas, se destinaban á ciertos espectáculos públicos, como combates de gladiadores y luchas de fieras, y á veces á simulacros de combates navales, para lo cual estaban dispuestos de modo que podían inundarse de agua. El segundo representa las ruinas de uno de esos monumentos visto por la parte interior.

Como no eran sólo los trabajos en madera y piedra, sino también el modelado en barro, una de las ocupaciones á que se dedicaban los alumnos, pretendía Don Juan, aunque todavía no había comenzado á poner en práctica esa idea, que aquellas ciudades que se distinguen por tal ó cual monumento famoso se representasen por pequeños edificios que recordasen en su estructura y líneas generales á dichos monumentos. Así, además de aprender los alumnos que

Milán tiene un famoso *Domo,* Roma un *Coliseo,* Nimes la famosa *Casa Cuadrada* ó las no menos célebres *Arenas,* Segovia su celebérrimo *Acueducto,* etc., encontrarían ocasiones en que practicarse en las artes relacionadas con la construcción.

—Esa casa—dijo, indicándome una por cuya inmediación pasábamos en aquel momento—representa á Roma, y va á ser sustituída por dos pequeños edificios que imitarán del mejor modo posible á la iglesia de San Pedro y al Coliseo.

A la práctica de muchos oficios, como los de carpintero, ebanista, tallista, escultor, alfarero, herrero, cerrajero, fundidor y otros más ó menos íntimamente relacionados con el arte de construir, se agregaba en el sistema educativo de Don Juan la de la agricultura, horticultura y arboricultura, y muy largas y concienzudas explicaciones orales sobre cuantos asuntos se ofrecían, porque quería que la instrucción práctica y la teórica fueran á la par, completándose y no estorbándose la una á la otra.

Reconociendo la razón de los enemigos del sistema de enseñanza exclusivamente práctico, huía del peligro de convertir á sus alumnos en carpinteros, herreros ó albañiles, no siendo ése su objeto, sino darles disposiciones generales para toda clase de manipulaciones, destreza á sus dedos, seguridad á su vista, firmeza á su pulso, fuerza, agilidad y soltura á sus miembros é ideas y conocimientos útiles sobre muchas ciencias, artes é industrias, haciéndolos en lo posible aptos para todo, así en lo intelectual como en lo material.

En sus ideas sobre enseñanza se comprendía, como base y fundamento de todas las demás, la de que sus discípulos no estuvieran un solo momento ociosos, y que todo absolutamente cuanto hicieran, hasta aquellas cosas que más parecían juegos y diversiones que estudios, contribuyeran á instruirlos. Así que no se separaba un instante de ellos; tomaba muchas veces parte en sus juegos y ejercicios, y aprovechaba cuantas

ocasiones le deparaban los mismos incidentes, hasta los más comunes y vulgares de la vida, para enseñarles las causas de las cosas y para inculcarles sanos principios morales ó conocimientos útiles

Cuando, después de días tan aprovechados en faenas á veces rudas y trabajosas, volvían á la casa á la caída de la tarde Don Juan y sus discípulos, y se sentaban, rendidos, ora en torno del hogar, si era en tiempo frío, ora en el gran corral que había á la entrada de la casa, á esperar la hora de la cena, si era en verano ó en los días buenos de primavera y otoño, todavía Don Juan entretenía el tiempo en pláticas instructivas, basadas con gran frecuencia en los asuntos más triviales y comunes.

Debo decir que esos ratos eran siempre muy breves, porque se acostaban todos tempranísimo, y ni que añadir hay que se dormían en cuanto se acostaban, rendidos por la fatiga.

Excusaría decir también que nunca dejaban de presenciar la salida del sol, si no quisiera recordar cierta sentencia inglesa que Don Juan repetía frecuentemente á sus discípulos, y que podría traducirse al castellano en estas palabras: «Acostarse y levantarse temprano dan salud, riqueza y sabiduría.»

También debo consignar que con un espíritu cristiano que le honraba mucho, porque Don Juan era profundamente religioso, no sólo hacía que participasen de esa esmerada educación sus hijos y los de aquellos de sus parientes y allegados que le habían encomendado los suyos, sino absolutamente todos los de sus colonos, criados y dependientes, por pobres y humildes que fuesen, á los cuales tenía en completo pie de igualdad con los otros.

Explicar con más pormenores el sistema de educación de Don Juan, sería seguirles paso á paso durante años enteros á él y á sus alumnos, cosa absolutamente imposible para mí, como para cualquiera que lo intentase.

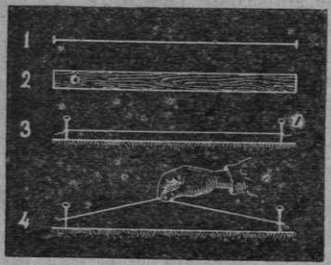
Habré, pues, de contentarme con referir muy á la ligera algunas escenas de que fuí testigo; hechos pasados fuera de mi vista que me contó Don Joaquín, que los había presenciado en parte ó que había sabido por su hijo Joaquinito, y alguna que otra conversación que oí, y en que á veces tomé parte, durante la temporada que pasé en Peñaguda.

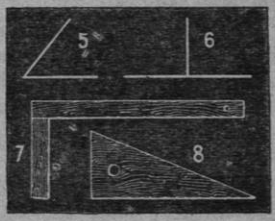
UNED

Notas al capítulo primero.

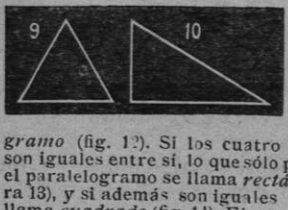
I.—Figuras geométricas planas.

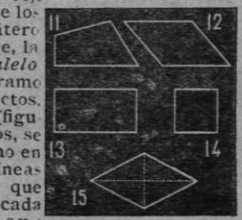
Son figuras planas las que pueden trazarse en un plano, como papel, tabla ó cosa análoga, y que no tienen, por lo tanto, sino dos dimensiones cuando más: largo y ancho. La más sencilla de ellas es la *línea recta*, que es la distancia más corta entre dos puntos (fig. 1). Para trazarla se emplea la *regla* (fig. 2) ó el *hilo* (fig. 3), sistema este último muy usado en carpintería, albañilería y otros oficios. Se estira muy bien el cordel, sujeto por ambos extremos á sendos clavos ó estacas, se le unta de almagre, y tirando de él hacia arriba, como indica la figura 4, se le suelta de golpe. Al volver á su posición dejará trazada la recta.

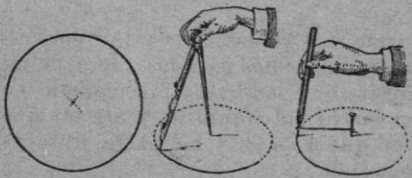




Angulo es el espacio comprendido entre dos líneas rectas que se encuentran (fig. 5). Cuando cae una de ellas sobre la otra sin inclinarse más á un lado que á otro, el ángulo que forman se llama *ángulo recto* (fig. 6). Hay varios modos de trazarlo, de los cuales uno es por medio de la *escuadra* (figs. 7 y 8). *Triángulo* es la figura cerrada formada por tres líneas rectas (fig. 9). Cuando uno de los ángulos que forman es recto, como sucede en la figura 10, el triángulo se llama *triángulo rectángulo*. *Cuadrilátero* es la figura cerrada formada por cuatro líneas rectas (fig. 11). Cuando cada ángulo de los que forman el cuadrilátero es igual al de enfrente, la figura se llama *paralelogramo* (fig. 12). Si los cuatro ángulos del paralelogramo son iguales entre sí, lo que sólo puede suceder siendo rectos, el paralelogramo se llama *rectángulo* ó *cuadrilongo* (figura 13), y si además son iguales entre sí sus cuatro lados, se llama *cuadrado* (fig. 14). El *rombo* es un paralelogramo en que las líneas rectas que unen á cada una de sus esquinas con la opuesta se cruzan á escuadra en el centro (fig. 15).

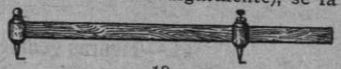




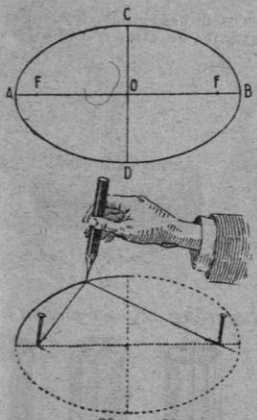


Círculo es la figura comprendida dentro de una línea curva cerrada, cuyos puntos distan todos lo mismo de uno interior llamado *centro* (fig. 16). La línea que envuelve al círculo, y que se llama

circunferencia (aunque también suele llamársela *círculo* vulgarmente), se la traza con el *compás* (fig. 17), ó también, si se quiere, por medio de un hilo, á uno de cuyos extremos se sujeta el lápiz ó punzon que ha de servir para trazarlo, amarrándose el otro á un clavo ó estaca que se fija en el punto que ha de servir de centro (fig. 18). También se emplea para el caso una regla que lleva dos abrazaderas corredizas que se sujetan á ella por medio de tornillos de presión, y á las que van unidos sendos punzones, el uno para fijarlo en el centro y el otro para trazar el círculo (fig. 19).



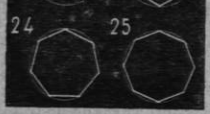
19



20 y 21

La *elipse* ú *óvalo* es otra figura geométrica plana (fig. 20). *AB* es el llamado *eje mayor*, *CD* el *eje menor* y los puntos *F F focos*, que se hallan sobre el eje mayor simétricamente situados á ambos lados del punto *O* en que los ejes se cruzan. Hay varias maneras de trazar la elipse. La más sencilla de ellas consiste en fijar en los focos los extremos de un hilo del largo del eje mayor y en hacer correr la punta de un lápiz á lo largo del hilo, manteniéndolo perfectamente estirado, como en la figura 21 se indica. Cuando se conocen los respectivos tamaños de los ejes mayor y menor, se puede determinar la posición de los focos; y asimismo, conocido el tamaño de cualquiera de los ejes y la distancia que media entre los focos, puede determinarse la longitud del otro eje.

Hay otras figuras curvas planas, como la *hipérbola*, la *parábola*, la *cicloide*, la *catenaria* y muchas más que no describimos. Sólo de la hipérbola y de la parábola volveremos á hablar ligeramente en estas mismas notas. *Polígonos* son las figuras planas cerradas formadas por varias líneas rectas, y llevan diversos nombres, según el número de líneas que forman su contorno. Cuando esas líneas son de igual tamaño, el polígono es *regular*. El polígono regular de cinco lados se llama pentágono (fig. 22); de seis, *exágono* (fig. 23); de siete, *heptágono* (fig. 24); de ocho, *octógono* (fig. 25). Los polígonos regulares (como se ve en las figuras anteriores) tienen la propiedad



de poder ser inscritos en el círculo, esto es, envueltos en una circunferencia que pase por todas sus esquinas. El *exágono* tiene además la propiedad de tener su lado igual al radio del círculo en que está inscrito.

Empléanse frecuentemente los polígonos regulares en las artes. Las figuras 26, 27, 28 y 29 representan combinaciones de triángulos, cuadrados, exágonos y octógonos formando pisos.

UNED

II.—Figuras geométricas sólidas ó volúmenes.

Se llama *sólidos* ó *volúmenes* á las figuras de tres dimensiones, ó sea á las que tienen largo, ancho y grueso. Las más importantes de ellas son la *esfera*

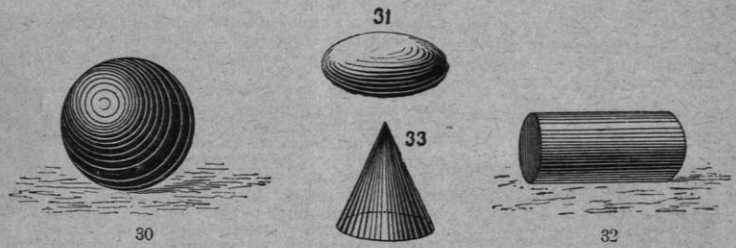
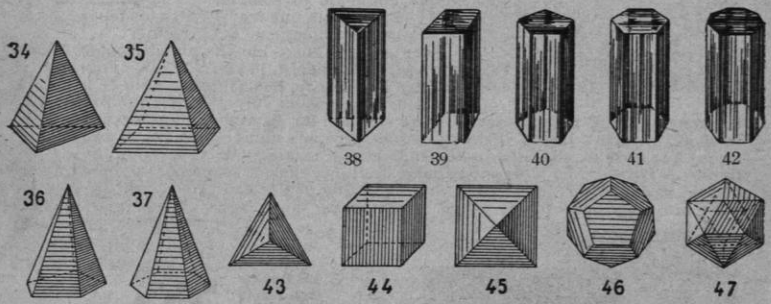
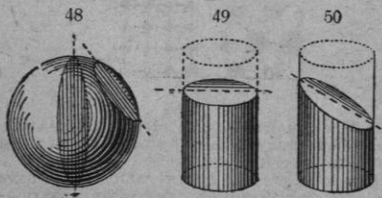


fig. 30), el *elipsoide* (fig. 31), el *cilindro* (fig. 32), el *cono* (fig. 33), las *pirámides*



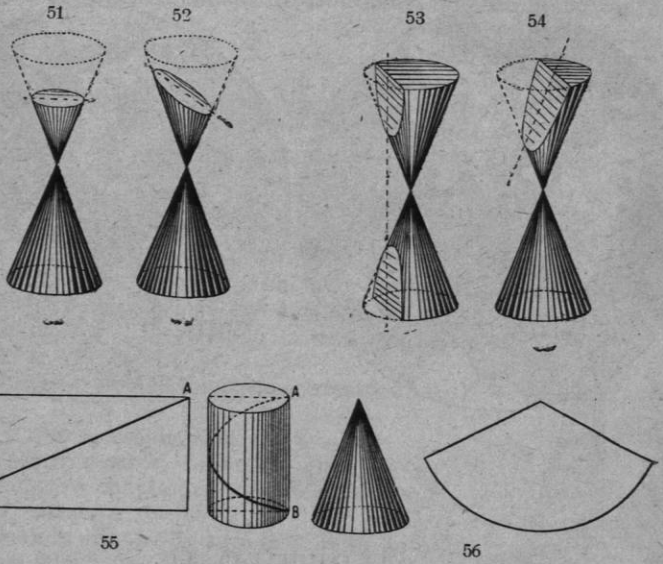
(figs. 34, 35, 36 y 37), los *primas* (figs. 38, 39, 40, 41 y 42) y los *poliedros* (figuras 43, 44, 45, 46 y 47).

Comoquiera que se corte la esfera por un plano, siempre da por resultado círculos (fig. 48). El cilindro cortado por un plano puede dar círculos ó elipses, según corte perpendicular ó oblicuamente el plano al eje del cilindro (figs. 49 y 50); el cono, cortado de igual modo, puede dar círculos, elipses, hipérbolas ó parábolas (figs. 51, 52, 53 y 54), según la inclinación que el plano tenga relativamente al eje del cono, razón por la cual reciben todas esas curvas el nombre genérico de *secciones cónicas*.



UNED

El cilindro y el cono tienen la propiedad de poder desarrollarse en un plano, como lo demuestran las figuras 55 y 56. En la primera de ellas, la línea *AB*, que

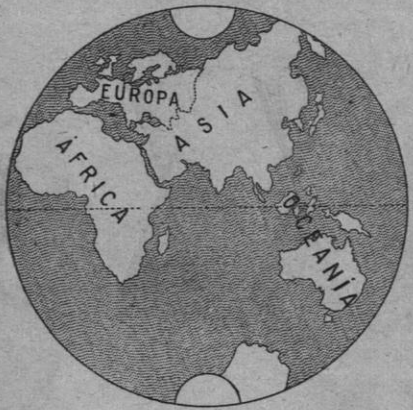


es recta cuando el cilindro está desarrollado, forma sobre la superficie de él la línea llamada *hélice*, que tiene grandes aplicaciones en la industria.

III.—La Tierra.

Las figuras siguientes representan los dos hemisferios, oriental y occidental, de la Tierra. En el primero se encuentra el gran continente de Asia, del que no es Europa sino un apéndice; el de Africa, que sería una isla á no estar unido con el anterior por el istmo de Suez, cortado hoy por el canal del mismo nombre, y el de Australia, que junto con las innumerables islas esparcidas por el Océano Pacífico constituye la Oceanía. El otro hemisferio está ocupado por sólo el con-

tinente de América, que, como se ve, se extiende en dirección Norte-Sur, casi desde el Polo Boreal al Austral.



CAPÍTULO II

La gravedad y la fuerza centrífuga.

Estábamos una tarde Don Juan y yo en el gran campo de experiencias agrícolas, que era al mismo tiempo mapa geográfico, como ya he dicho, entretenidos en ver á los alumnos segar un campo de trigo en las inmediaciones de la villa turca de Kasanlik (*), cuando pasó uno de ellos corriendo por nuestro

(*) Kasanlik es una villa de Macedonia (perteneciente, por lo tanto, á Turquía) situada en un delicioso valle todo cubierto de plantíos de rosas. Dedícase éstas á la extracción de la esencia de que se hace tan grande y lucrativo tráfico en los mercados de Oriente.

lado, huyendo de otro que le perseguía, y franqueó de un salto la cordillera de los Balkanes.

Tenía por allí esa cadena de montañas, que estaba bastante bien representada, como una vara de alto: obstáculo muy respetable para el muchacho que tan atrevidamente lo saltó, que era de los más chicos.

—Ven acá, Juanito—le dijo Don Juan, que estaba sentado á mi lado en el suelo—. ¿Por qué, cuando se da un salto, vuelve á caerse en el suelo después de haber estado un momento en el aire?

—Por el peso del cuerpo—contestó Juanito.

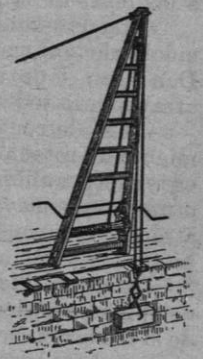
—¿Y qué es eso de peso?

—Peso... peso...—balbuceó Juanito, no atreviéndose á contestar, por temor de decir algún desatino.

—Cuando saltas—le dijo Don Juan interrumpiéndole—, lo primero que haces es elevarte en el aire: ¿por qué te elevas?

—Por la fuerza que hago con los pies para subir.

—Pues caes, sabételo, porque hay otra fuerza que te hace bajar; sólo que la primera la haces tú porque quieres, mientras que la última ejerce su acción aunque tú no quieras. Es completamente independiente de la voluntad. ¿Puedes decirme ahora lo que es peso?



Las cosas pesan lo mismo en reposo que en movimiento. Este grabado representa una *cabria*, aparato destinado á levantar pesos. La piedra que pende de ella está subiendo, y, sin embargo, no deja de pesar lo mismo que si estuviera quieta.

—Es una fuerza que hace caer las cosas.

—Di mejor que tiende á hacerlas caer, porque las cosas pesan siempre, ya estén quietas, ya moviéndose. En este momento estás quieto, y, sin embargo, pesas; y cuando

diste el salto y te levantaste en el aire también pesabas, y pesabas lo mismo que ahora. Eso quiere decir que el peso es una fuerza que está obrando constantemente sobre las cosas. ¿Sabes tú quién hace esa fuerza?

—No, señor.

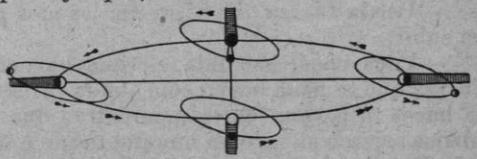
—Ni yo lo sé tampoco, ni hay nadie que lo sepa. Sólo se sabe que existe una fuerza, llamada *gravedad*, que hace que todos los cuerpos se atraigan tanto más enérgicamente cuanto mayor es su masa y menor la distancia que los separa.

»A esa fuerza están sujetos todos los cuerpos, animados é inanimados, y existe no sólo en nuestra tierra, haciéndola atraer hacia sí á todos los cuerpos que la rodean y que forman parte de ella, sino en el universo entero. El Sol, la Luna, los planetas y todas esas estrellas que pueblan el firmamento, obedecen á las leyes de la gravedad y se atraen entre sí.

—Lo que nunca he podido entender—dijo Julio, que era un muchacho ya mayorcito, hijo de uno de los arrendatarios de Don Juan, y de sus discípulos más aprovechados—, es cómo atrayéndose todos los astros no se juntan.

—Es—le contestó Don Juan—que, además del rápido movimiento de rotación alrededor de sí mismos, de que están todos esos cuerpos animados, se hallan sujetos á girar alrededor unos de otros, y esos movimientos de rotación contrarrestan la fuerza de atracción entre ellos, obligándolos á mantenerse en sus órbitas.

»Nuestra Tierra, por ejemplo, además de dar una vuelta completa alrededor de sí misma en veinticuatro horas próximamente, da otra en un año alrededor del Sol; y este último movimiento, que es vertiginosamente rápido, origina, como todos los movimientos de rotación, una fuerza llamada *centrífuga*, que tiende á alejar al cuerpo que gira de aquel á cuyo alrede-



Esta figura representa el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, acompañada de la Luna. El círculo grande (porque es casi un círculo, aunque por estar figurado en perspectiva parece una elipse más prolongada de lo que es en realidad) es la órbita de la Tierra, y los círculos pequeños varias posiciones de la de la Luna en su movimiento alrededor de la Tierra. Las flechas indican el sentido de los movimientos, tanto de la Tierra alrededor del Sol, como de la Luna alrededor de la Tierra.

UNED

dor se mueve; fuerza que es contraria á la de la gravitación, que tiende á juntarlos (*).

»Y lo que digo de la Tierra es igualmente aplicable á todos los planetas que giran alrededor del Sol, y á la Luna y demás satélites que giran alrededor de los planetas, y debe de serlo también á las lejanas estrellas, si bien de éstas, por las enormes distancias á que se hallan de nosotros, apenas si sabemos más que la existencia.

—¿Qué diferencia hay entre las estrellas, los planetas y los satélites?—preguntó Juanito.

—Contéstale tú, Julio—dijo Don Juan.

—Las estrellas—dijo Julio—se cree que son soles lejanísimos que tienen luz propia; los planetas son cuerpos opacos que giran alrededor del Sol y cuya luz es reflejo de la de ese astro, y los satélites son cuerpos también opacos que giran alrededor de los planetas, y que reflejan, como ellos, la luz del Sol.

—Pues volviendo á la fuerza centrífuga—dijo Don Juan—, os haréis cargo de ella observando el movimiento de una honda. ¿No habéis notado la fuerza que hace la piedra para escaparse, y que mantiene estirados los ramales de la honda mientras da vueltas? Pues esa es la *fuerza centrífuga*. Nuestra Tierra es atraída por el Sol por la gravedad, que en su acepción más general suele llamarse *gravitación*, y marcharía hacia él hasta juntársele si no se lo impidiese la *fuerza centrífuga* que se origina en el movimiento que tiene la Tierra alrededor del Sol, y que aunque á primera vista parece lento porque tarda un año en cumplirse, es vertiginosamente rápido, porque

---

(*) Por no extenderme demasiado, no explico cómo á su vez el movimiento de los planetas en sus órbitas, que da origen á la fuerza centrífuga, que contrarresta á la de gravitación, es consecuencia de esa misma fuerza de gravitación combinada con la velocidad inicial de que están animados todos los cuerpos celestes, entre los cuales se cuenta nuestra Tierra.

En virtud de esa velocidad inicial, andarían todos ellos en línea recta indefinidamente sin experimentar aceleración ni retardo ninguno, ó sea con movimiento uniforme (en virtud de una ley de Mecánica que se admite como evidente); pero como á la vez que están animados de ese movimiento rectilíneo y uniforme experimentan la atracción hacia centros determinados, atracción que es precisamente la fuerza llamada gravitación, se ven obligados á describir alrededor de esos centros las órbitas elípticas que forman sus órbitas, como en Mecánica se demuestra de un modo irrecusable.

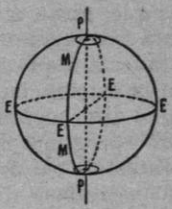
¿Quién imprimió á esos cuerpos los movimientos rectilíneos á que acabo de referirme, y de dónde procede esa fuerza constante que los obliga á recorrer órbitas elípticas en vez de rectilíneas? Preguntas son éstas á que no puede contestar la ciencia Mecánica, y sí sólo la Metafísica con una sola palabra: Dios.

UNED

la órbita, ó sea el camino recorrido por ella en ese tiempo, es inmenso.

»Sin salir de nuestra misma Tierra se puede advertir el

El movimiento de un trompo cuando describe grandes curvas cerradas en el suelo, recuerda el de la Tierra y los planetas en torno del Sol. El trompo, en tales casos, tiene, como ellos, dos movimientos de rotación: uno alrededor de sí mismo, y otro sobre la curva que va recorriendo. Esas curvas que describen la Tierra y los planetas en su movimiento anual alrededor del Sol, no son precisamente círculos, sino elipses más ó menos prolongadas.



Por la adjunta figura puede verse que el círculo EEE, que representa el Ecuador, es la parte de la esfera que más dista del eje PP que pasa por los polos.

efecto de la fuerza centrífuga, en que los cuerpos pesan tanto menos cuanto más cerca del Ecuador, y tanto más cuanto más cerca de los Polos.

—¿Y por qué es eso?—preguntó Juanito.

—Porque la Tierra, además de su movimiento en torno del Sol, tiene otro movimiento de rotación, también muy rápido, alrededor de sí misma, que verifica en veinticuatro horas. ¿No habéis observado al hacer bailar un trompo, que éste, además del movimiento de rotación sobre sí mismo, va andando de acá para allá, describiendo á veces grandes curvas á modo de círculos? Pues ahí tenéis una imagen del movimiento de la Tierra.

»Por la rotación de la Tierra sobre sí misma, los puntos de su superficie andan en el mismo tiempo caminos tanto más largos cuanto más lejanos están del eje, siendo proporcionalmente para ésos más violenta la fuerza centrífuga que tiende á apartarlos de él. Por eso en el Ecuador, que es en la superficie de la Tierra lo más lejano de su eje, pesan menos las cosas que en los demás lugares de ella.

—¿De modo que una libra, ó un kilo, ó una arroba, pesan menos en el Ecuador que en otros lugares de la Tierra?—preguntó Juanito.

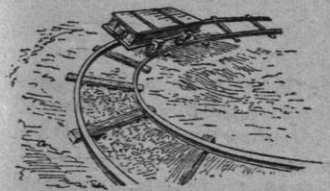
—Desde luego—le contestó Don Juan—; y si se pesan en

UNED

una balanza de muelle se advierte la diferencia, aunque sea poca; pero empleando una balanza ordinaria no se echa de ver esa diferencia, y lo que pese un kilo, por ejemplo, en el Ecuador pesará también un kilo en todas partes; porque si el objeto que se pese varía en peso, lo mismo les sucede á los marcos ó patrones que sirven para verificar la operación de pesarlo. *(Véase la nota II al fin del capítulo.)*

Si el hombre aquí representado estuviese quieto, se caería junto con la bicicleta en que va montado; pero como lleva gran velocidad por la pista del circo, que es redonda, la fuerza centrífuga que desarrolla en su movimiento, y que tiende á despedirlo hacia afuera, lo hace mantenerse en equilibrio.

»Voy á recordaros una cosa que habréis visto muchas veces, sin poner atención en ella, y que se explica por el efecto de la fuerza centrífuga: la inclinación que toman hacia adentro los caballos, las personas y los vehículos cuando corren aprisa por una pista redonda. Esa inclinación, que cuando se corre con mucha rapidez es grandísima, se toma automática é involuntariamente para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga, que obra con tanta mayor violencia cuanto más rápido es el movimiento de que está animado el cuerpo que gira.



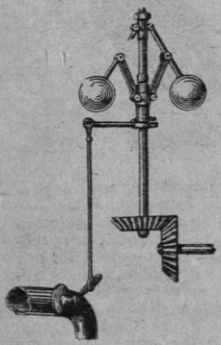
»Para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga se da mayor altura á los rieles de la parte de afuera que á los de la parte de adentro en las curvas de los caminos de hierro.

»La fuerza centrífuga tiene varias é importantes aplicaciones en las industrias. Os voy á dar una ligerísima idea de unas cuantas.

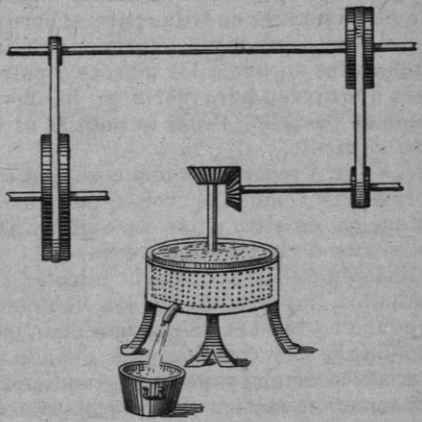
»Una de ellas es el *regulador de fuerza centrífuga, ó péndulo cónico, ó gobernador,* que de todos esos modos se le llama, y que es un aparato muy usado en las máquinas para graduar la fuerza que las anima.»

Nos excusaremos de repetir la explicación que de ese aparato hizo Don Juan á sus oyentes, mostrándolo en la adjunta

figura, en que claramente se ve cómo cuando la rapidez del movimiento de la máquina aumenta, las bolas se separan, y cómo cuando disminuye se acercan, transmitiéndose su movimiento



Péndulo cónico.



Turbina ó centrífuga.

de ascenso y descenso á la llave que da entrada al vapor que hace trabajar á la máquina. Así que, cuando más rápido es el movimiento de la máquina, más va disminuyendo la cantidad de vapor que le llega, y cuanto más lento más va aumentando.

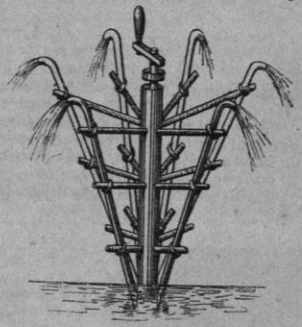
También se usan esos aparatos para graduar la fuerza en las máquinas hidráulicas, relacionando el movimiento de las bolas con el de la compuerta que da paso al agua del salto.

—Otra de las aplicaciones de la fuerza centrífuga—prosiguió diciendo Don Juan—son las *turbinas ó centrífugas,* como más generalmente se las llama, aparatos de figura de tambor que giran rapidísimamente y que tienen sus paredes cilíndricas perforadas de pequeños agujeros. La fuerza centrífuga que se origina de la rápida rotación de ese tambor, hace que cualquier materia húmeda que se le eche dentro escupa la humedad por los agujeros de las paredes. Ese tambor giratorio va encerrado en otro inmóvil y fijo, que recibe el líquido escupido por las paredes del primero.

UNED

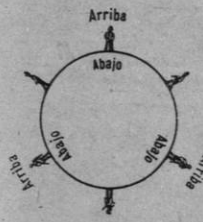
»En los talleres de lavado mecánico se emplea ese aparato para secar en muy poco tiempo la ropa mojada, y en los ingenios de azúcar para separarla de las mieles que hay juntas con ella, llamadas *mieles de purga*.

»También se utiliza la fuerza centrífuga para elevar agua por medio de las llamadas *bombas centrífugas*, de las que hay mil variedades, pero fundadas todas en el mismo principio. La más sencilla de ellas consiste en un haz de tubos colocados sobre la superficie de un cono invertido, que cuando funciona el aparato está animado de un rápido movimiento de rotación. Esos tubos terminan por arriba en forma de gancho, y están sumergidos por abajo en el agua, la cual, buscando dentro de los tubos los puntos más lejanos del eje de rotación, sube por ellos hasta derramarse por sus bocas superiores.



Bomba centrífuga primitiva.

»Os he hablado de la *gravedad* ó *gravitación*, que es la fuerza que atrae á los cuerpos hacia la Tierra, y de la *fuerza centrífuga*, que es la que tiende á alejarlos de ella merced á la rotación que verifica la Tierra alrededor de su eje. Ahora, para que no os quede duda de que el peso de un cuerpo cualquiera no es sino la atracción que sobre él ejerce la Tierra, recordad que ésta es redonda y que todos los cuerpos caen hacia ella, cualquiera que sea el lugar en que se encuentren.



»Hace muchos siglos, cuando no estaba la Tierra tan explorada como ahora ni se conocían las leyes de la gravedad, se discutía sobre la existencia de *antípodas*, porque no se concebía que hubiera hombres que estuvieran con la cabeza para abajo y los pies para arriba. Hoy ya sabemos que en el espacio no hay arriba ni abajo, y que para todos los seres que pueblan la Tierra es siempre *arriba* el firmamento, la región en que se mueven las nubes, la Luna, el Sol y los planetas, y en que se hallan las estrellas: el *cielo*, en una palabra; y *abajo*, el terreno

en que pisan y hacia donde caen los objetos pesados cuando nada los sostiene.»

Notas al capítulo II.

I.—El sistema solar.

La figura 1.ª representa el sistema solar. Los círculos y elipses que se ven en ella son las órbitas de los planetas. En la faja obscura están comprendidas las órbitas de los asteroides ó pequeños planetas que se mueven en el espacio comprendido entre las órbitas de Marte y Júpiter. El orden de los planetas, según sus distancias al Sol, está expresado en la relación que acompaña á la figura, en la cual se marcan también los signos con que suele representárselos.

La figura 2.ª indica la disposición en que se supone que se hallan los diversos

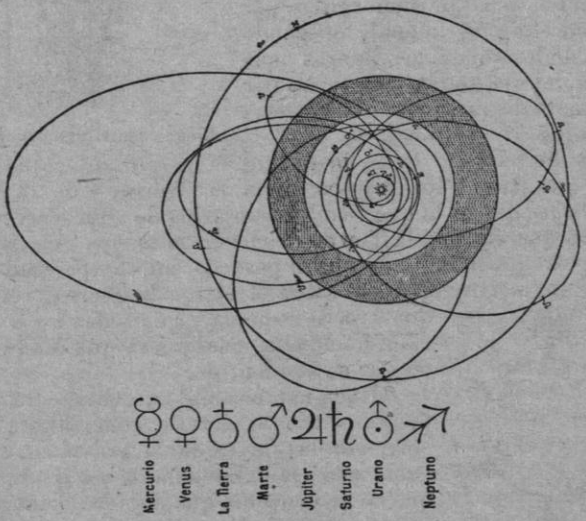


Fig. 1.ª

sistemas planetarios. Cada uno de ellos se componen de un sol, en cuyo torno giran mayor ó menor número de planetas. Esos soles son los cuerpos que llamamos estrellas fijas, y que descubrimos á simple vista ó con ayuda del telescopio. En cuanto á los planetas correspondientes á esos soles y que giran en torno de ellos, no puede verse ni uno solo, porque las enormes distancias que los separan

de nosotros, y el no tener luz propia, sino reflejo sólo de la de las estrellas á cuyo alrededor giran, los hace imperceptibles á nuestra vista.

De las elipses arbitrariamente representadas en esa figura, algunas de ellas pueden corresponder á órbitas de cometas, pues así como los hay en nuestro sistema solar (si bien no se les representó en la fig. 1.ª por no complicarla), los habrá seguramente en los otros. Los cometas son cuerpos formados de materia tenuísima y vaporosa, los cuales, lo mismo que los planetas, giran alrededor del Sol, pero describiendo órbitas elípticas prolongadísimas que tardan muchos años en recorrer. Tan extremadamente alargadas son algunas de esas elipses, que se supone, no sin fundamento, que pueden los cometas que las recorren, durante su larga peregrinación, salirse de nuestro sistema solar para ir á formar parte de algún otro en cuya esfera de acción caigan.

Algunos cometas hay perfectamente conocidos, y cuya aparición periódica se predice con exactitud. Entre ellos se cuentan el de *Halley*, el de *Encke* y el de *Biela*, así llamados por los nombres de los astrónomos que los estudiaron y dieron á conocer. La materia de que están formados los cometas es mucho más tenue que la que constituye la más sutil neblina, presumiéndose que ninguna perturbación ocasionarían aun en el caso (que se cree con buenas razones haber ocurrido muchas veces) de que se cruzasen con nuestra Tierra. De un cometa muy notable se cuenta que en 1770 se enredó entre los satélites de Júpiter, sin ocasionar la menor perturbación en su movimiento, aunque él sí lo experimentó en el suyo, porque la elipse medianamente alargada que recorría en un período de cinco años alrededor Sol, se transformó en la mucho más prolongada que vino á recorrer de allí en adelante.

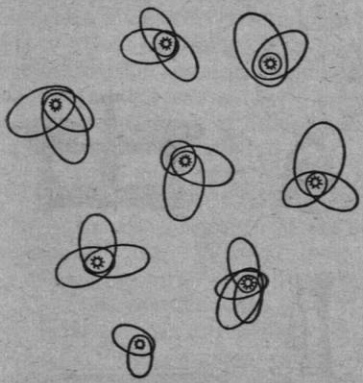
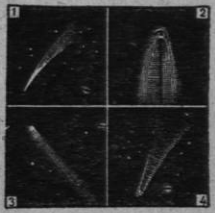


FIG. 2.ª



Cometas.

Suele llamarse á los cometas «estrellas con rabo» por la figura de algunos de ellos; pero los hay de muy diversas, como lo demuestra el adjunto grabado, que representa algunos de esos cuerpos celestes.

II.—Las balanzas.

Pesar una cosa, es sencillamente comparar su peso con el de otra que se toma como tipo. Para ello se emplean balanzas de diversas clases. La figura 1.ª re-

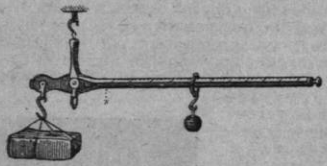


FIG. 2.ª

FIG. 5.ª

FIG. 1.ª

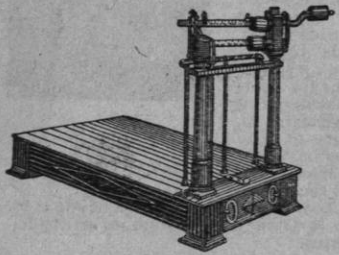


FIG. 3.ª

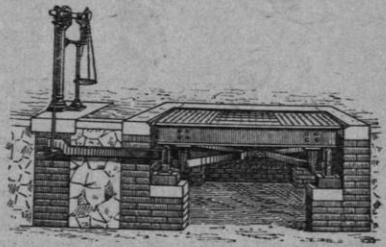


FIG. 4.ª

presenta una balanza común; la 2.ª, una balanza romana; las 3.ª y 4.ª son *básculas,* ó sea balanzas destinadas á pesar objetos muy pesados y voluminosos. La figura 5.ª representa una balanza de muelle, en la cual se aprecia el peso de un objeto por el efecto que hace sobre un muelle ó resorte.

UNED

CAPÍTULO III

Más sobre la gravedad.—La presión atmosférica.

—Lo más raro—decía otro día Don Juan á Juanito, Gonzalito y otros de los más pequeños de sus alumnos que estaban escuchándole—es que esa misma fuerza llamada *gravedad*, que hace que las cosas caigan, las obliga á veces á subir. ¿Por qué pensáis que suben el humo, y las nubes y los globos?: pues por la fuerza de la gravedad.

—No lo entiendo—dijo Juanito.

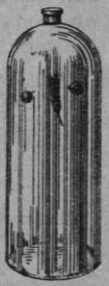
—Ni yo tampoco—agregó Gonzalito.

—¿Y tú?—preguntó Don Juan á Julio, que también estaba presente.

—Yo creo que sí, señor—contestó Julio.

—Pues explícanoslo.

—El peso es quien hace remontarse á las nubes y á los globos—dijo Julio—, pero no el suyo propio, sino el del aire que los rodea. Si no hubiera aire, los globos y las nubes caerían al suelo con igual velocidad.



—Eso se demuestra en los gabinetes de Física por medio de un experimento muy curioso—dijo Don Juan—. Se encierran en una campana de vidrio varios objetos de distintos pesos y volúmenes, como una pluma, una bala de plomo, un pedazo de corcho y otros semejantes, y se ve que al volcar la campana caen al fondo de ella con distintas velocidades, según sus respectivos pesos y volúmenes, yendo delante y más aprisa la bala de plomo que el pedazo de corcho, y éste delante y más aprisa que la pluma, que es la última y que más despacio cae; pero si se extrae el aire de la campana por medio de la máquina neumática, se ve que al volcarla como antes caen al mismo tiempo y con igual velocidad al fondo de ella los susodichos objetos.

UNED

—Y caen con una velocidad de unos 18 pies, ó sea 9 metros y 80 centímetros, en el primer segundo de tiempo; de 36 pies, ó sea de 19 metros y 80 centímetros, en el segundo; de 54 pies, ó 29 metros y 70 centímetros, en el tercero; y así sucesivamente, aumentando á cada segundo la velocidad en los dichos 18 pies, ó 9 metros y 90 centímetros—dijo Julio.

—Veo con gusto—dijo Don Juan—que pones atención en las cosas; porque, efectivamente, el peso de los cuerpos nada influye en la velocidad de su caída; y también es verdad que no es el peso de un globo ó el de una nube lo que los hace remontarse, sino el peso del aire que los rodea; así como es el peso el que hace subir al cubo lleno de agua y suspendido de una cuerda en cuyo otro cabo se haya colgado un objeto suficientemente pesado para producir ese efecto, pero no el peso del cubo, sino el del objeto suspendido en el otro cabo de la cuerda.

»Ahora sigue tu explicación.

—Pues los globos y el humo suben—prosiguió diciendo Julio—porque pesan menos que el aire, así como un pedazo de madera ó una vejiga llena de aire, introducidas á la fuerza en el fondo de un depósito de agua, saldrían á la superficie del agua porque pesan menos que ella.

El vaso flotante que aquí se representa ha perdido de su peso el del volumen de agua *efcd*, que es la parte del vaso que está sumergida. El vaso vacío pesa precisamente lo mismo que el volumen *efcd* de agua.

—Hay una ley física, llamada *principio de Arquímedes* por haber sido descubierta y enunciada por un antiguo sabio de ese nombre, en cuya virtud, todo cuerpo sumergido en un fluido pierde de su peso el peso del fluido que el cuerpo desaloja; por lo cual, si metemos en el agua un vaso que pese dos libras, entrará en ella hasta ocupar un espacio que, lleno de agua, pesará precisamente dos libras; y lo mismo que con el agua pasará con cualquiera otro fluido. Pero no se os ocurra en-

tender al pie de la letra ese principio, suponiendo que un cuerpo sumergido en un fluido pierda peso, porque su peso sigue siendo el mismo de siempre, sino que obra como si lo perdiera cuando se le sumerge en un fluido.

»Tomad un vaso en la mano y soltadlo; veréis que cae al suelo y probablemente se hace añicos. Cae en virtud de su peso; pero si lo soltáis en una cuba de agua no se irá al fondo, sino que flotará en el agua, sumergiéndose más ó menos en ella. Esa parte sumergida del vaso es precisamente la que, llena de agua, pesaría tanto como el vaso entero. El vaso obra, pues, como si perdiera su peso. Ahora bien, si se pesa la cantidad de agua que el vaso desaloja se ve que pesa lo mismo que el vaso vacío.

—Nos ha hablado usted de fluidos—dijo Juanito—; ¿quiere decirnos que se entiende por fluido?

—Contéstale tú, Julio—dijo Don Juan.

—Se llama fluidos á todos los cuerpos líquidos y á los gasecsos—contestó Julio.

—El agua, el vino, el aceite, el azogue, por ejemplo—dijo Don Juan—, son fluidos porque son líquidos; y el aire, el gas del alumbrado, el vapor de agua y otros muchos cuerpos que excuso decir son también fluidos porque son gases temporal ó permanentemente.

—¿Qué quiere usted decir con eso de temporal ó permanente?—volvió á preguntar Juanito.

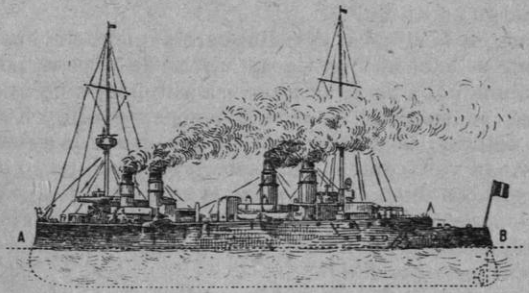
—Eso te lo explicaré otro día, ó te lo explicará Julio, porque no quiero confundir los asuntos—dijo Don Juan—. Por ahora confórmate con saber que una nube ó un globo pesan mucho menos que el aire y por eso suben.

»Exactamente por lo mismo flotan los barcos. Figúrate lo que pesará un acorazado construído de planchas de hierro de un pie ó más de grueso, provisto de enormes máquinas y calderas y armado de poderosísimos cañones. Pues con todo eso pesa muchísimo menos que el agua que cabría dentro de él, y con más motivo que la que desocupa, que es muchísima más que le cabría dentro. Al ser botado al agua trata de sumergirse, y efectivamente se sumerge hasta que el agua que desocupa pesa tanto como él. De ahí no pasa, y se necesitaría una fuerza enormísima para hacerlo sumergirse una pulgada más.

—¿De modo que el agua hace fuerza hacia arriba?—preguntó Juanito.

UNED

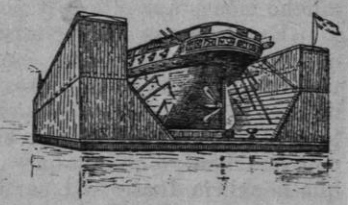
—Hacia abajo, hacia arriba y hacia todos lados—le contestó Don Juan—. Si queréis convenceros de la que hace hacia arriba, tratad de obligar á hundirse á una vejiga inflada, y yo os respondo de que como sea siquiera de regular tamaño, no seréis bastantes unos cuantos de vosotros juntos para lograrlo, porque se requeriría para ello la misma fuerza que para levantarla llena de agua. Precisamente en ese hecho se fundan los diques flotantes. ¿No sabes lo que es un dique flotante?



Esta figura representa un barco acorazado en que se señala por líneas de puntos toda la parte de él que está por debajo de la línea *AB* de flotación. El volumen de agua desalojado por la parte sumergida del acorazado, pesa tanto como todo él, en virtud del principio de Arquímedes á que se hizo alusión poco atrás.

Fernandito, que era otro de los discípulos mayores de Don Juan, y por esa misma razón de los más instruídos, estaba allí presente y contestó afirmativamente á la pregunta.

—Pues ya que sabes lo que es un dique flotante—le dijo Don Juan—explícaselo á Juanito y á Gonzalito.



Dique flotante.

—Un dique flotante — dijo Fernandito—es como una gran caja de chapa de hierro, con dobles paredes y doble fondo, que pueden llenarse ó vaciarse de agua según se quiera. Cuando están esos dobles fondos y paredes henchidos de agua, el dique se sumerge; y cuando vacíos de ella, sale á flote, levantando al barco que se hizo entrar en el cuerpo del dique cuando estaba sumergido.

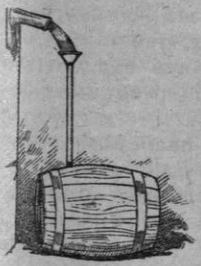
—Perfectamente—dijo Don Juan—. Ya véis—prosiguió—

cuán grande es la fuerza que hace el agua para levantar el dique, que no sólo lo saca á flote, sino también, y junto con él, al barco que lleva dentro.

»Que el agua hace fuerza hacia todos lados se consigna en un principio físico en cuya virtud el esfuerzo que se ejerza sobre cualquier punto de la superficie de un líquido se transmite íntegro á todos los puntos de su masa.

»Hay una manera muy sencilla de demostrarlo aplicando un globo lleno de agujeros, á modo de regadera, al pitón de una jeringa llena de agua y empujando el émbolo, pues se verá que el agua sale con igual violencia por todos los agujeros (*).

»También se demuestra ese principio por un ejemplo muy curioso. En la tapa ó en cualquiera parte de las paredes de una cuba llena de agua y herméticamente cerrada, se aplica un tubito tan delgado como se quiera, pero bastante largo para que llegue su extremo superior á unos cuantos metros de altura, y se va echando agua en ese tubo. No es preciso que sea muy largo el tubo para que la cuba reviente.



—¿Y por qué un peso tan pequeño hace estallar la cuba?—preguntó Juanito.

—Porque ese peso tan pequeño viene á gravitar á un tiempo en todo el interior de la cuba. Suponte que tenga ese tubo una pulgada cuadrada de hueco y que quepan en él diez libras de agua. Pues cuando esté lleno el tubo tendrán que soportar las paredes y fondo de la cuba un esfuerzo total de dentro afuera de más de cincuenta mil libras, suponiendo que la cuba sea exactamente cilíndrica y que tenga una vara de diámetro y otra de alto, porque la superficie total de sus fondo y paredes será de más de cinco mil quinientas pulgadas cuadra-

(*) Esa misma prueba, pero con mayor precisión todavía, se hace por medio de un globo en cuya superficie hay unos cuantos tubos provistos de sendos émbolos y observando que cuando el globo está lleno de agua y se empuja uno de los émbolos, salen todos los demás al mismo tiempo y la misma cantidad que entra en el primero. *(Véase la nota de la pág. 31.)*

UNED

das, y á cada una de esas pulgadas cuadradas le tocará sufrir un esfuerzo de diez libras (*).

—Nos dijo usted antes que los globos suben porque pesan menos que el aire: ¿acaso pesa el aire?—preguntó Juanito.

—Tanto pesa el aire y tan necesario es que pese para que nos sea posible vivir, que basta que disminuya muy ligeramente de peso por cualquier causa accidental para que nos sintamos desazonados y molestos. Los que suben á altísimas montañas sienten vértigos y otras molestias, y á los aeronautas que ascienden en globo á grandes alturas les ha sucedido saltárseles la sangre á través de la piel por la falta de peso de aire que la contuviese.

»Nuestra piel es como una red de mallas finísimas y menudas, á cuyo través pasaría la sangre si no lo impidiese el peso del aire, que gravita por igual sobre toda su superficie.

Fig. 1.ª

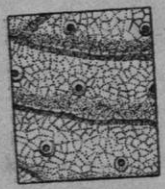
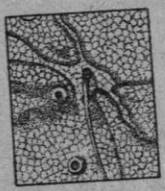


Fig. 2.ª



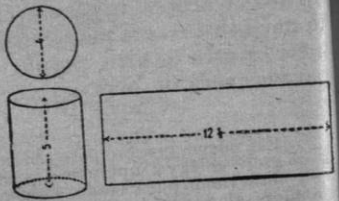
La fig. 1.ª representa la piel de la palma, y la fig. 2.ª la del dorso de la mano vistas con el microscopio.

—¿Es decir, que el aire hace también fuerza hacia arriba como el agua?—preguntó Gonzalito.

—No sólo hacia abajo, sino hacia arriba y en todas direcciones ejerce su peso el aire lo mismo que el agua; porque el principio de Arquímedes, de que os hablé antes, es tan cierto para los gases como el aire, como para los líquidos como el agua.

»Para que veáis claro cómo el aire, que para el caso es un

(*) Para que se entienda bien lo que se dice en el texto, téngase presente que una circunferencia desarrollada tiene próximamente tres veces el diámetro; que la superficie del círculo es próximamente de tres veces el cuadrado del radio; y que un cilindro abierto y desarrollado es un cuadrilongo que tiene por dimensión mayor la circunferencia de su base desarrollada y por dimensión menor la altura del cilindro, siendo, por tanto, la superficie de dicho cilindro producto de su altura por el triple del diámetro.



gas como cualquiera otro, pesa y hace fuerza en todas direcciones, haced esta prueba que voy á deciros:

»Llenad de agua un vaso hasta que rebose; tapadlo después con cualquier cosa lisa y llana: un plato, un pedazo de vidrio plano ó, á falta de ellos, un pliego de papel bien recio, y dadle en seguida la vuelta. Veréis que no se derrama, y que el plato ó lo que sea que lo tape sigue pegado á él sin caerse y suspendido en el aire. ¿Sabéis quién lo sostiene? Pues la presión del aire exterior, que es mayor que la del agua que llena el vaso. Pero tened cuidado de que no quede aire ninguno dentro del vaso, porque de otra manera la suerte no sale.

—Lo mejor será—dijo Julio—llenar el vaso, taparlo y darlo la vuelta dentro de una tinaja ó de una cuba llena de agua y sacarlo después, porque así no podrá entrarle aire ninguno.

—Me parece muy buena idea—dijo Don Juan.

»Un instrumento muy usado en la antigüedad para regar plantas á mano demuestra también evidentemente el peso del aire—prosiguió diciendo—. Ese instrumento, olvidado hoy, pero del que se han encontrado ejemplares en las excavaciones de Pompeya y al que se hacen numerosas referencias en las disputas entre los antiguos filósofos sobre el *pleno* y el *vacío*, consiste en una vasija cerrada provista en uno de sus fondos de muchos agujeros menudos como una regadera, y en el otro de uno solo que puede taparse á voluntad con la yema del dedo pulgar.

»Ninguna dificultad hay para llenar la vasija de agua, bastando sumergirla en ella para que penetre en su interior por todos los agujeros, siempre que esté destapado el de arriba; pero ni una gota saldrá de ella, aunque se la lleve con el fondo agujereado vuelto hacia abajo, si se mantiene tapado el agujero de arriba, derramándose, en cambio, toda el agua en cuanto se le destape y se le deje así entrar el aire sobre la superficie del líquido.

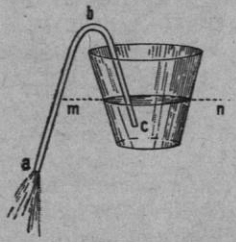
»Exactamente por la misma razón no sale el líquido conte-

UNED

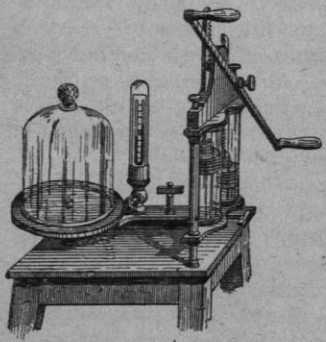
nido en una cuba cerrada, por un orificio que se le abra en su parte inferior, mientras no se le abra otro en la parte de arriba que permita al aire penetrar en ella y gravitar sobre la superficie del líquido.

El peso del aire impide salir al líquido de la cuba por el orificio B, pero si se abre otro A en lo alto de la cuba, el aire gravitará sobre la superficie del líquido, y entonces saldrá éste por su propio peso.

»Otro aparato fundado en el peso del aire es el *sifón,* que consiste, como es muy sabido, en un tubo encorvado, uno de cuyos brazos *(bc* en la figura) es más largo que el otro *(ab)*. Este último es el que se sumerge en el líquido del depósito que se quiere vaciar, y por el otro, que es el que queda fuera, corre el líquido en virtud de la diferencia de peso del contenido en los dos brazos del sifón. Para establecer la corriente se chupa por el extremo del brazo largo del sifón para extraer el aire del aparato, ó se llena éste de líquido antes de sumergir el brazo corto en el depósito.



»El aire se pesa en una balanza como cualquiera otra cosa. Basta para ello pesar una campana de vidrio vacía de aire y llena de él, y la diferencia entre los dos pesos será el del aire que hubiera en la campana.



Máquina neumática.

—¿Y cómo se saca el aire de esa campana de vidrio?—preguntó Juanito.

—Con la máquina neumática, que es una bomba que funciona de la misma manera que las bombas comunes—le contestó Don Juan.

—El aire debe de pesar muy poco; ¿verdad Don Juan?—dijo Gonzalito.

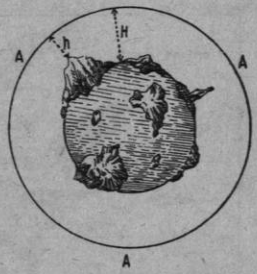
—Muy poco. Un pie cúbico de aire pesa 1 onza y $^1/_4$, ó sea ochocientas veces menos que el mismo volumen de agua.

—Nos ha hablado usted de los vértigos y molestias que se

UNED

sienten cuando se sube á grandes alturas—dijo Juanito—, y como fué para demostrarnos lo necesario que nos es para la vida que el aire pese, ha querido usted, sin duda, decirnos que el aire pesa menos en los lugares altos que en los bajos: ¿no es así?

—Así es efectivamente. Cuanto más se sube menos peso de aire se experimenta, por ser menor la columna de él que se tiene encima. La Tierra está envuelta en una capa de aire llamada *atmósfera* que tiene muchas leguas de espesor. Toda esa atmósfera en conjunto pesa 77 millones de toneladas, que se reparten sobre toda la superficie de la Tierra, tocándole á cada pulgada cuadrada unas 15 libras. Es el mismo peso que haría una capa de agua de 33 pies de espesor, ó una de azogue de 76 centímetros. A medida que nos elevamos, es menor la columna de aire que tenemos encima, y menor, por consiguiente, su peso. Vivimos, pues, en el fondo de un verdadero mar de aire, y cada uno de nosotros soporta un peso de 15 toneladas. Se entiende viviendo al nivel del mar; porque los habitantes de los lugares altos soportan menor peso de aire, aunque siempre el bastante para que les sea posible la vida, habiendo un cierto límite más allá del cual no lo es, para el hombre á lo menos.



El globo central representa la Tierra; la línea *AAA*, que lo envuelve á cierta distancia, el límite de la atmósfera, y las protuberancias figuradas sobre la superficie del globo central representan montañas.

Claramente se ve que la altura *H* del aire en los lugares bajos, es mayor que la *h* del mismo aire en las alturas, y que, por consiguiente, el aire tiene que pesar más en los lugares bajos que en los altos.

—¡Qué!—dijo Juanito—. ¿Hay animales que pueden vivir sin que el aire pese sobre ellos? ¿No se les salta la sangre como á los hombres?

—Sin ningún peso de aire, no; pero con menos peso de aire que el hombre, sí—contestó Don Juan—. Entre las especies terrestres, como entre las acuáticas, hay grandes diferencias; y así como hay peces que sólo pueden vivir á grandísimas profundidades y otros creados para vivir á muy pocos pies de la superficie del agua, así hay también especies terrestres cuya naturaleza exige grandes pesos de aire, y otras que pueden remontarse á muy grandes

UNED

alturas. El águila y el condor viven y respiran en alturas donde el hombre estaría muy molesto ó no podría vivir absolutamente.

»Hay instrumentos para pesar el aire; se llaman *barómetros*.

El *águila* y el *condor* hacen sus nidos en las montañas más altas y remontan su vuelo á grandísimas alturas en donde la vida sería imposible al hombre y á la generalidad de los animales.

Otras aves vuelan ordinariamente en zonas del aire mucho más bajas.

El condor sólo vive en la cordillera de los *Andes*, que es, después de la del Himalaya, la más alta de la Tierra.

Representa la figura adjunta un *barómetro de cubeta*. Sobre la superficie del líquido de la cubeta gravita el peso del aire exterior, ó sea la presión atmosférica, y sobre el punto *C* del interior del tubo la columna *BC* de líquido, que pesa exactamente lo mismo; de modo que sabiéndose el peso de la columna líquida *BC* se sabe el peso del aire. El espacio *AB* del interior del tubo está completamente vacío. Ese vacío se llama *vacío barométrico*.

El más sencillo de ellos (porque los hay de varias clases) es el barómetro de azogue. Se reduce á un tubo de vidrio cerrado por uno de sus extremos, y sumergido por el otro en una cubeta ó depósito lleno de azogue, en el cual se ha volcado el tubo después de lleno completamente del mismo metal líquido. El tubo ha de tener algo más de 76 centímetros—85 por ejemplo—fuera del líquido de la cubeta, y la altura de la columna de azogue con-

UNED

tenida en él indica el peso de la atmósfera, ó sea la *presión atmosférica*.

»En los lugares altos, la columna de azogue dentro del tubo, ó sea la columna barométrica, no llega á los 76 centímetros que tiene en la orilla del mar. La experiencia demuestra que el barómetro baja una línea próximamente por cada 25 varas que se suben, lo que da un medio de averiguar aproximadamente la altura á que se está sobre el nivel del mar.»

CAPÍTULO IV

Elasticidad de los gases é incompresibilidad de los líquidos.

Al día siguiente de la conversación anterior volví á casa de Don Juan en compañía de Don Joaquín y de su hijo, y lo encontré rodeado de Juanito, Gonzalito y varios de los más pequeños de sus discípulos, demostrándoles prácticamente muchas de las cosas de que el día anterior se había tratado.

Después de verificados varios experimentos, entró Don Juan en conversación con los muchachos para comprobar que se habían hecho cargo de sus explicaciones.

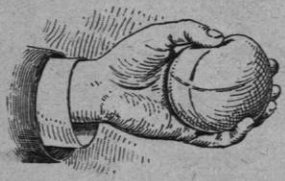
—Vamos á ver—les dijo—: cuando se chupa agua por una pajita hueca, ¿por qué sube hasta la boca?

—Por lo mismo que se sostiene la columna de azogue en el tubo de un barómetro—contestó Gonzalito sin dar tiempo á Juanito á que contestase, como parecía dispuesto á hacerlo—. En el barómetro, es el peso de la atmósfera sobre la superficie del azogue de la cubeta quien sostiene á la columna de azogue en el interior del tubo que está vacío de aire, y en la pajita, como al chupar se saca el aire de dentro de ella, es el peso del aire exterior sobre la superficie del agua en que se mete el extremo de la pajita quien obliga al agua á subir por su hueco.

—Está bien—dijo Don Juan—. Los líquidos y los gases tienen varias propiedades comunes, pero se distinguen en otras,

entre ellas la de no dejarse comprimir los líquidos, ó sea reducir á menor volumen del que ocupan, por grande que sea la fuerza que se haga sobre ellos, por lo cual se dice que son *incompresibles*, mientras que los gases son compresibles en altísimo grado, y, sobre todo, *elásticos* (*).

»Se dice que un cuerpo es *elástico* cuando cambiada su forma por la acción de una fuerza cualquiera, vuelve á recobrarla en cuanto se encuentra en libertad.



»Aquí tenemos una pelota de viento—dijo, tomando una de las manos de uno de los muchachos—. La oprimo entre los dedos y la desfiguro, como véis; pero la suelto y vuelve á quedar como antes. La razón de ese hecho está en la elasticidad del aire encerrado en el interior de la pelota.

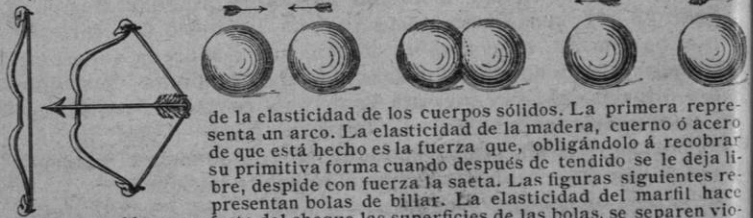
»La elasticidad no es propiedad exclusiva de los gases como el aire; también la poseen en gran medida varias substancias sólidas, como el caucho, el marfil, el cuerno, el acero y multitud de maderas, aunque ninguna de ellas en tanto grado, ni remotamente, como los gases (**).

»En cambio, los cuerpos líquidos no pueden ser elásticos, porque se resisten invenciblemente á toda compresión.

—La incompresibilidad de los líquidos se demuestra en los

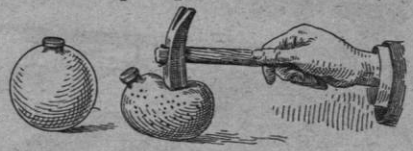
(*) Los líquidos no son absolutamente incompresibles, demostrándolo el hecho de dilatarse por el calor y contraerse por el frío; pero se les considera prácticamente como tales por la enorme intensidad de la fuerza necesaria para comprimirlos y por la insignificante modificación que experimentan en su volumen cuando se les somete á esa compresión.

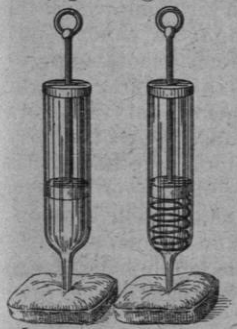
(**) Las figuras adjuntas representan ejemplos muy conocidos de aplicaciones



de la elasticidad de los cuerpos sólidos. La primera representa un arco. La elasticidad de la madera, cuerno ó acero de que está hecho es la fuerza que, obligándolo á recobrar su primitiva forma cuando después de tendido se le deja libre, despide con fuerza la saeta. Las figuras siguientes representan bolas de billar. La elasticidad del marfil hace que, contraídas por efecto del choque las superficies de las bolas, se separen violentamente éstas al recobrar el marfil su forma primitiva.

gabinetes de Física por medio de un globo de oro que se llena de agua por un orificio practicado al efecto en su superficie. Después de cerrado ese orificio con un tapón que entra á rosca, se da un martillazo al globo. Al abollarse éste se reduce su hueco interior, pero el agua que lo ocupa es tan rebelde á dejarse comprimir, que el globo la suda á través de sus paredes en forma de rocío.





La resistencia del aire contra el émbolo de la jeringa será idéntica en sus efectos á la que hiciera un muelle como el que la figura representa.

»En cambio, si se oprime con la mano el émbolo de una jeringa cuyo pitón esté bien tapado para que no pueda salir el aire, se nota que el émbolo baja en proporción á la fuerza que se haga sobre él, y vuelve á subir en cuanto se le deja, como si descansara sobre un muelle; lo que es efecto de la elasticidad del aire encerrado en el cuerpo de la jeringa. Si se la llenase de agua tapando bien el pitón, se vería que no hay fuerza humana para hacer avanzar el émbolo el grueso de un cabello.

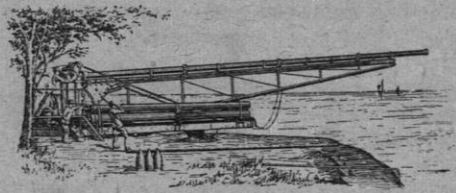
»Tanto la elasticidad de los gases como la incompresibilidad de los líquidos tienen grandes aplicaciones en la industria. ¿No habéis visto nunca una escopeta de viento?

»Pues os diré que una escopeta de viento despide la bala ó lo que quiera que se lance con ella por la fuerza elástica del aire, que obligado á encerrarse en menor espacio que el que naturalmente pide, recobra su volumen ordinario en cuanto se le deja en libertad. Si se comprime con mucha fuerza el aire, lo cual puede hacerse por medio de una poderosa bomba impelente, puede lanzar el proyectil á una distancia enorme. Hoy se usan cañones de aire comprimido que arrojan el proyectil á tres mil metros de distancia.

»El aire comprimido se usa también para mover máquinas, algunas de las cuales se han empleado para perforar montañas, abriendo en ellas esas largas galerías llamadas *túneles*, tan comunes en los caminos de hierro.

UNED

»También se usa en algunas ciudades el aire comprimido para mandar la correspondencia por medio de tubos desde la administración central de correos á las administraciones secundarias de los barrios.



El adjunto grabado representa un cañón de ocho pulgadas de calibre, el cual despide al proyectil por la acción del aire comprimido. Un aparato ingeniosísimo permite, en el momento que se quiera, establecer la comunicación entre los depósitos de aire comprimido, situados debajo de la explanada (los cuales no se ven en la figura), y la recámara de la pieza. Cañones como éste, inventados por el teniente Zalinsky, de la artillería de los Estados Unidos, se usan en la entrada del puerto de Nueva York para lanzar proyectiles cargados de dinamita.

»Si á una máquina de vapor se le aplica aire comprimido en lugar de vapor, funciona exactamente lo mismo, porque la fuerza del vapor no consiste en otra cosa que la que hace buscando mayor espacio que el que le consiente la estrechez de la caldera y de los tubos en que se ve encerrado, fuerza que es de idéntica condición que la que hace el aire cuando se le obliga á reducirse á menor volumen que el que por su propia naturaleza le corresponde.»

CAPÍTULO V

Las bombas y la prensa hidráulica.

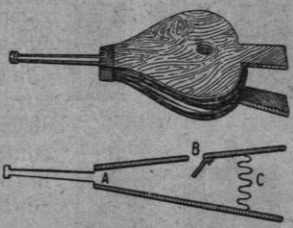
—Nos ha dicho usted—dijo Juanito—que para comprimir el aire se usan bombas impelentes; ¿tendría usted la bondad de explicarnos cómo son esas bombas?

—No sólo ésas, sino todas voy á explicaros; y nunca con mejor oportunidad que ahora, porque son instrumentos que trabajan por la presión ó peso de la atmósfera, la elasticidad de los gases y la resistencia de los líquidos á dejarse comprimir, asuntos de que venimos tratando desde ayer.

»Para que comprendáis bien lo que es una bomba, acordaos

de lo que es un fuelle, porque hay grandísima semejanza entre uno y otro aparatos. Todos habéis visto fuelles.

»Si comprendéis bien la manera de trabajar del fuelle y lo que es una válvula, ya tenéis sabido lo que es una bomba, porque fuera de la forma y de la materia, que son distintas en ambos instrumentos, en lo demás hay identidad absoluta entre ellos, no siendo en resumen una bomba sino un espacio que puede crecer ó menguar á voluntad, como la caja del fuelle. Ese espacio está provisto de válvulas: unas que se abren de fuera adentro para franquear el paso al aire ó al agua, que, obligados por la presión exterior, tratan de penetrar en el cuerpo de la bomba; y otras que se abren de dentro afuera para darles salida cuando la buscan forzados por la compresión á que se les somete.»



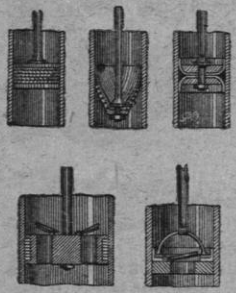
El adjunto grabado representa un fuelle, máquina tan antigua y sencilla como conocida, la cual funciona en virtud de la presión atmosférica. Al abrirse el fuelle, ó sea al separarse sus tapas, se dilata el espacio que hay entre ellas, y, por tanto, el aire encerrado en ese espacio. La presión atmosférica exterior obliga entonces á entrar el aire de afuera, abriendo la válvula *B*. Al cerrarse las tapas se reduce el espacio comprendido entre ellas y se comprime al aire, que, al mismo tiempo que obliga á cerrarse la válvula *B*, sale violentamente expelido por el orificio *A* del pitón.

Hay muchísimas clases y formas de válvulas. El grabado representa dos de ellas; la primera de figura de cuña, y la segunda de puerta. Como se ve, toda presión que venga de arriba las obliga á cerrarse, y toda presión procedente de abajo á abrirse.

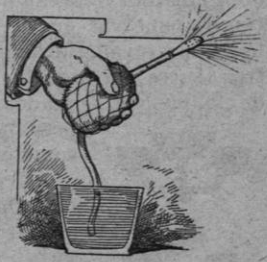
Explicó entonces Don Juan á sus oyentes que una válvula, cualquiera que sea su forma, pues las hay de varias, no viene á ser en definitiva sino una puerta, ó una hoja de puerta mejor dicho, que cede y se abre á las presiones que recibe en un sentido, y que se cierra y resiste á las contrarias; y que el encogimiento ó dilatación que en la caja del fuelle se obtienen por la alternativa aproximación y separación de sus tapas, se logran en el cuerpo de la bomba por el émbolo, que en su movimiento de vaivén va reduciendo el espacio que encuentra por delante y dilatando el que deja en pos suyo en su curso.

Las figuras adjuntas representan varios modelos de émbolos de los que suelen emplearse en las bombas. El primero se com-

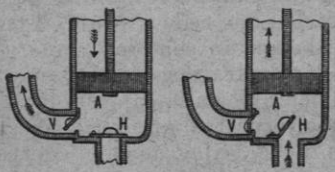
pone de dos discos metálicos entre los cuales se arrollan trenzas de cáñamo. El segundo es de cuero y tiene la figura de un vaso más ancho de boca que de fondo. Dicho fondo es metálico, yendo sujeto á él el vástago por medio de un tornillo con su tuerca. El tercero lleva entre los dos tarugos que lo forman dos rondelas de cuero, cuyos bordes, que sobresalen por ambos lados, envuelven á dichos tarugos y se aplican contra las paredes interiores del cuerpo de la bomba. Las dos últimas figuras representan émbolos provistos de válvulas que ceden á las presiones de abajo y se resisten y cierran á las de arriba.



Exactamente lo mismo que en una bomba provista de un émbolo moviéndose de arriba abajo, y viceversa, se logra en una jeringa de goma, apretando y aflojando alternativamente con la mano el cuerpo de ella. Cuando se le aprieta sale el aire que tiene dentro por la válvula que se abre hacia afuera, y al aflojarlo entran el aire ó el agua forzados por la presión del aire exterior, abriendo la válvula contraria é hinchando el cuerpo de la jeringa.



—Ahora—dijo Don Juan—ya estáis en disposición de comprender cómo puede comprimirse el aire cuanto se quiera por medio de una bomba impelente.



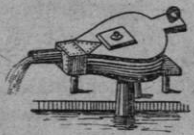
Al subir el émbolo va haciendo el vacío tras de sí y la presión exterior obliga al aire á penetrar en la bomba, abriendo la válvula de entrada (*H* en la figura); al bajar el émbolo, comprimido el aire entre él y las paredes de la bomba, cierra la válvula que le dió ingreso y se hace camino para afuera abriendo la contraria (*V* en la figura), la cual, ó le franquea la entrada en el depósito en que quiere almacenársele, ó lo conduce á él por medio de un tubo.

»Claro es que el aire del depósito hará tanta más fuerza para mantener cerrada la válvula por donde llega el que le manda la bomba, cuanto más comprimido se encuentre; pero siempre que la cabeza del émbolo se ajuste perfectamente al cuerpo de la bomba y corra todo á lo largo de él hasta su mismo fondo, y esté allí situada la válvula de salida, llegará á comprimir tanto el aire de la bomba que podrá más que el del depósito y obligará á la válvula á abrirse y darle paso.

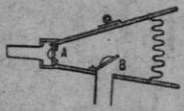
—¿De modo—preguntó Juanito—que las bombas de aire y las de agua son lo mismo?

—Funcionan por los mismos principios. Ya os dije que entre las bombas y los fuelles hay grandísimas analogías, y tan es así que hay bombas absolutamente iguales á fuelles, y fuelles exactamente iguales á bombas.

»Os voy á enseñar—agregó Don Juan—unos cuantos grabados que representan diferentes clases de bombas, entre las cuales las hay iguales ó muy parecidas á fuelles. Oye Julio: llégate á la biblioteca y tráete un tomo grande de láminas que he dejado sobre la mesa á mano derecha; tiene encarnadas las tapas.»



Salió Julio y volvió á poco con el tomo que Don Juan le había indicado. Abriólo Don Juan y fué mostrando á sus alumnos diversos grabados que representaban bombas. De algunos de esos grabados damos aquí copia.



Bomba de fuelle.

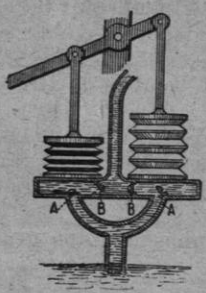
El anterior representa una bomba en forma de fuelle común.

Del agujero *B*, en que llevan todos los fuelles la válvula de entrada de aire, sale el tubo de aspiración del agua. Otra válvula *A*, que se abre de dentro á fuera, colocada en el orificio del fuelle que comunica con el pitón, da salida al agua cuando al cerrarse el fuelle se cierra también la válvula *B* por donde entró.

La figura siguiente representa una bomba muy original, y que funciona análogamente que la anterior. Dentro del cuerpo de la bomba, que es de hierro ó de madera, hay una manga flexible de cuero, lona encerada ú otro cualquier material flexible é impermeable, que lleva en la tapa de arriba, que es sólida,

una válvula *B* que se abre hacia arriba. La misma figura indica bien claramente cómo funciona el aparato, subiendo y bajando alternativamente el vástago *M*, sujeto á la tapa de la dicha manga.

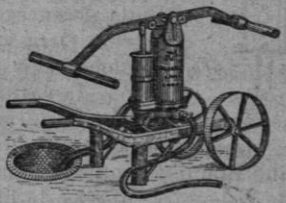
Otra bomba del mismo estilo que las anteriores se representa en el grabado adjunto. Es de dos cuerpos, cada uno de los cuales está constituído por un fuelle semejante al de los acordeones. Las válvulas *A A* se abren hacia arriba y dan entrada al agua al abrirse los fuelles; y las *B B*, que se abren hacia afuera, dan paso al agua comprimida al cerrarse los fuelles.



Otra bomba muy semejante á las descritas es la representada en este grabado. Tampoco tiene émbolo, hallándose sustituído por una tela flexible é impermeable *C*, sujeta por sus orillas al cuerpo de la bomba, y por su centro á una chapa en que va la válvula *B*, que se abre y da paso al agua al bajar el vástago á que dicha chapa está unida. La válvula *A* es la de aspiración.

En esta otra bomba, la dilatación y reducción de la capacidad interior se produce por el resbalamiento del tubo en cuya tapa superior va la válvula *B* á lo largo del que lleva la válvula de aspiración *A*, los cuales tubos están ambos dentro del cuerpo de la bomba.

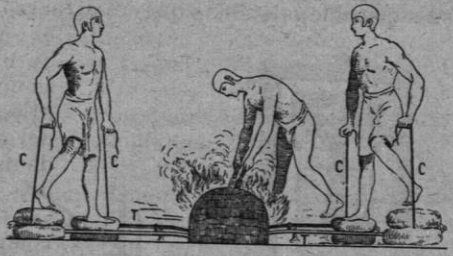
La figura adjunta representa una pequeña bomba de incendios. El tubo que se ve en primer término es el expelente; el otro que entra en el pozo es el aspirante. Dos hombres ponen en movimiento la palanca de arriba, que hace funcionar la bomba.



Después de enseñar Don Juan á sus oyentes los anteriores y

otros muchos modelos de bombas, les mostró varios grabados que representaban fuelles.

—He aquí unos bien originales—les dijo—; son, sin embargo, antiquísimos, hallándoseles representados en pinturas egipcias de cinco ó seis mil años de fecha. Consisten, como se ve, en unas á modo de vejigas que se dilatan tirando hacia arriba de los cordeles *C C*, y que se contraen cargando sobre ellas el peso del cuerpo. Aunque en la figura no puedan verse las válvulas, las llevarán, sin duda, en la parte de arriba, para dar entrada al aire al dilatarse los fuelles, como llevan los tubos *T T* para darle salida al contraerse.



»En la parte central del grabado se representa una fragua, cuyo fuego está avivado por el aire que los fuelles le envían.

»Otro fuelle muy parecido al anterior, y que se representa en la adjunta figura, está en uso entre los naturales de Madagascar. Consiste, como se ve, en dos calabazas huecas, cuya capacidad interior se aumenta ó disminuye levantando ó bajando con la mano los suplementos flexibles de que van provistas en su parte superior. El aire sale por los tubos de caña que se ven en la parte de abajo.

»Otra máquina—dijo Don Juan—que tiene gran relación con las bombas es la *prensa hidráulica*, aparato de utilidad grandísima y de multitud de aplicaciones, porque permite con un esfuerzo pequeñísimo ejercer presiones ilimitadas.

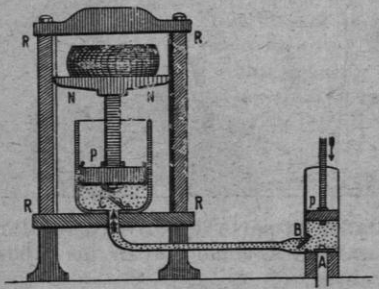
»Se funda en la incompresibilidad del agua y en la propiedad de los fluídos de recibir á un mismo tiempo en todos los puntos de su masa la presión que se haga en cualquiera de la superficie de ella (*), principios ambos de que os he hablado va-

(*) La paradoja hidrostática, que es el fundamento de la prensa hidráulica, se demuestra prácticamente por medio del aparato de que ya hemos hablado en

UNED

rias veces, y el segundo de los cuales es conocido generalmente por el nombre de *paradoja hidrostática*.

»En virtud de él, la presión que se haga en el agua de un delgado tubito en comunicación con un depósito, por grande que sea, se transmitirá al agua contenida en éste en proporción á su superficie; de modo que un esfuerzo de un kilogramo sobre el agua del tubo, si éste es de un centímetro cuadrado, se convertirá en uno de mil kilogramos en la superficie del agua del depósito, si es de mil centímetros cuadrados.

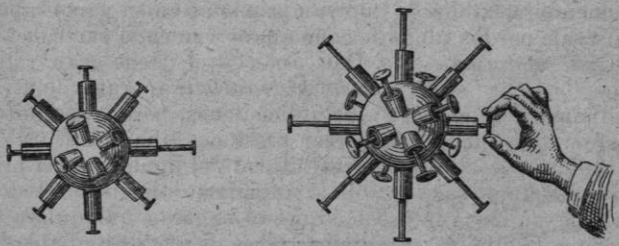


p, bomba con su émbolo; *A*, válvula aspirante; *B*, válvula impelente; *P*, cuerpo cilíndrico en que juega el émbolo que sostiene el platillo *NN*; *RR*, armazón de la prensa y guías por donde corre el platillo de ella; *C*, válvula que impide que salga el agua que va entrando en el cuerpo del cilindro en que juega el émbolo *P* y que se abre para dar paso á ese agua.

»La *prensa hidráulica* se compone de dos cuerpos de bomba, chico el uno y grande el otro, en que juegan sendos émbolos. En el vástago del émbolo chico se ejercen las presiones, que se trasladan multiplicadas al grande en relación con su superficie. En el vástago de éste va montado un plato en que se colocan los objetos que

---

otro capítulo, el cual consiste en una esfera hueca con la superficie erizada de tubos con sus émbolos. Llena de agua la esfera, saldrán á un tiempo todos los



émbolos en cuanto se haga entrar á cualquiera de ellos que se hubiere dejado fuera, probando ese hecho que la presión que se haga en cualquiera parte del líquido se transmite á toda la masa de él.

hay que levantar ó que han de ser comprimidos contra otro plato fijo, independiente del primero.

»Por medio de prensas hidráulicas se producen presiones tan enormes que bastan para encorvar, como si fuesen de hojalata, planchas de blindaje de acero de diez y ocho y veinte pulgadas de grueso. En la famosa fábrica de Krupp hay prensa hidráulica destinada á esa clase de trabajo, cuyo plato inferior es impelido hacia arriba por una fuerza de cinco millones de kilogramos.

—Pero no será á fuerza de brazo como se muevan las bombas que pongan en movimiento esa prensa, ¿verdad Don Juan? —preguntó Gonzalito.

—No; son bombas movidas por máquinas de vapor; pero con sólo la fuerza del brazo podrían funcionar bombas que produjesen el mismo efecto; todo estaría en establecer la relación conveniente entre el diámetro de la bomba en que se ejerciese la presión y el de la que levantase el platillo de la prensa.

CAPÍTULO VI

La circulación de la sangre.

—No hay máquinas ni artificios de los inventados por el hombre, por complicados que sean, ni producto industrial de ninguna clase, que no hayan sido hechos á la perfección por la Naturaleza—dijo Don Juan.

»Ella nos presenta en el sistema circulatorio bombas y válvulas que son verdaderos prodigios de mecánica; porque el corazón—prosiguió diciendo—es una maravillosa bomba aspirante é impelente.

—¿Quiere usted explicarnos la circulación de la sangre?—dijo Julio, que era uno de los que le estaban oyendo.

—Os daré una idea de ella, pero muy ligera, porque el asunto es bastante complicado.

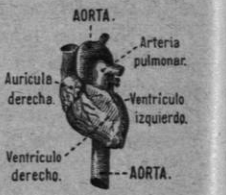
»El sistema venoso, compuesto de conductos capilares me-

UNED

nudísimos que van juntándose y constituyendo venas de mayor en mayor diámetro, acaba por formar dos solas: la *vena cava superior*, en la que confluyen todas las venas de la cabeza, brazos y pecho, y la *vena cava inferior*, en que terminan todas las venas de las regiones inferiores del cuerpo. Por las venas cavas entra la sangre en la *aurícula derecha* del corazón.

»Pero es indispensable, para que entendáis bien mi explicación, que os fijéis en las figuras que voy á enseñaros, las cuales representan el corazón estas tres primeras, y el sistema circulatorio las otras.»

Dijo esto Don Juan después de haber abierto un libro que llevaba en la mano, y poniendo de manifiesto á sus oyentes los grabados siguientes.



El corazón.

—Estos tres primeros se refieren al corazón. El corazón es un órgano musculoso del tamaño del puño, provisto de huecos interiores llamados *ventrículos* y *aurículas*, de los cuales salen las venas y arterias principales, que van sucesivamente ramificándose hasta los extremos del organismo.

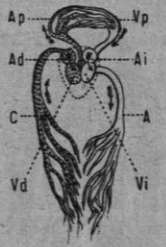
Cortes del corazón.

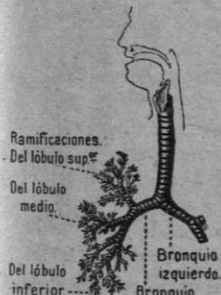
»Es una maravillosa bomba aspirante é impelente cuyo examen manifiesta la admirable sabiduría de su estructura, en que no hay órgano, por menudo é insignificante que sea, que no tenga su razón de ser y que no responda á leyes físicas, la mayoría de las cuales se escapan á la razón humana.

»Válvulas de prodigiosa eficacia separan á los ventrículos y aurículas impidiendo que vuelva atrás la sangre á que franquearon el paso, las cuales válvulas se repiten á lo largo del sistema venoso con ese mismo objeto. Los ventrículos, que son órganos encargados de impeler la sangre, y necesitados de mayor resistencia que las aurículas, cuya función es aspirante,

tienen sus paredes más gruesas que ellas; el lado izquierdo del corazón, de donde ha de ser empujada la sangre á las últimas extremidades del cuerpo, necesita de mayor fuerza que el lado derecho, que sólo ha de mandarla á los inmediatos pulmones, estando por eso constituído más reciamente que este último.

»Ved ahora esta otra figura, en que se representa en croquis el sistema circulatorio de modo que se pueda formar de él cabal idea. En ella se figura al corazón por pequeños círculos correspondientes á las aurículas y ventrículos. Como podéis ver, las dos aurículas ocupan la parte superior del corazón, y los dos ventrículos la inferior. La aurícula derecha comunica con el ventrículo derecho, y la izquierda con el izquierdo; pero ninguna comunicación existe entre la aurícula y ventrículo derechos y la aurícula y ventrículo izquierdos, hallándose formado, por consiguiente, el corazón, por dos partes independientes entre sí: la derecha y la izquierda (*).





La adjunta figura representa el aparato respiratorio, por medio del cual la sangre venosa que llega desde el corazón á los pulmones por la arteria pulmonar se pone en contacto con el aire y recibe de él el oxígeno que la convierte en sangre arterial.

»*Ap* es la arteria pulmonar por la cual empuja el ventrículo derecho *Vd* la sangre venosa que recibió de la aurícula del mismo lado *Ad* á los pulmones, donde se pone en contacto con el aire y se carga del oxígeno que necesita para convertirse en sangre arterial. La sangre ya oxigenada en los pulmones y provista de los elementos que necesita para nutrir el organismo, es absorbida por la aurícula izquierda del corazón *Ai*, desde la cual pasa al ventrículo del mismo lado *Vi*, el

(*) En la figura á que este párrafo y el siguiente se refieren, está representado el sistema circulatorio de un modo completamente ideal y arbitrario, figurándose todas las venas á la izquierda y todas las arterias á la derecha del lector para mejor comprensión del asunto; pero, como puede comprenderse, las venas y las arterias están repartidas igualmente por ambos lados del cuerpo, como puede verse en las dos figuras de la página siguiente, en que se representan los sistemas venosos y arterial con completa independencia uno de otro.

UNED

cual la impele por la *aorta A*, que se ramifica en otras arterias, y éstas en otras cada vez más menudas, hasta convertirse en vasos capilares arteriales que reparten la sangre por todas las regiones del cuerpo.

»Ya empobrecida la sangre después de ceder sus elementos nutritivos al organismo, vuelve al corazón por el sistema venoso, que comienza, lo mismo que acaba el arterial, por vasos ó conductos capilares, y acaba en las venas cavas superior é inferior, que llevan la sangre venosa á la aurícula derecha del corazón, como ya os dije.

Sistema venoso.

Sistema arterial.

»Por estas otras dos figuras podéis haceros cargo de la disposición del sistema venoso y del arterial, que, como véis, son completamente distintos é independientes entre sí.

»Ahora debo deciros que la sangre no necesita sólo del oxígeno que recibe en los pulmones para adquirir las propiedades nutritivas que tiene, sino de otras muchas materias. Estas se las da un jugo lechoso procedente del estómago, llamado *quilo*, cuya parte más pura es absorbida por los vasos *lacteales*, que se la ceden á la sangre, y la otra pasa á los intestinos bajo la acción de la bilis.

»Añadiré, para acabar, que el corazón verifica sus funciones de bomba aspirante é impelente mediante sendos movimientos de contracción y de expansión de las aurículas y ventrículos.

—¿Y todos los animales tienen el corazón y el aparato circulatorio como los del hombre?—preguntó Julio.

—Los *mamíferos* (que así se llaman todos los animales que dan de mamar á sus hijos) y las aves sí; pero los reptiles, los crustáceos y los insectos, tienen el corazón y el sistema circulatorio distintos, y más sencillos y rudimentarios que los nuestros.

CAPÍTULO VII

Sólidos, líquidos y gases.—El calor.—Fuerzas moleculares.—Cuerpos simples y compuestos.—Termómetros.—El agua, el hielo y el vapor.—Máquinas de vapor.

—Antes de entrar en explicaciones acerca de las máquinas de vapor, es preciso que hablemos algo sobre el vapor de agua, que es el agente que las mueve—comenzó diciendo Don Juan.

»Todos los cuerpos de la Naturaleza se nos presentan en estado de sólidos, de líquidos ó de gases; pero todos ellos pueden hallarse en una ú otra de esas formas según sea la temperatura á que estén sometidos.

»Las que ordinariamente experimentamos varían lo bastante para que algunos, como el agua, estén tan pronto en estado líquido como sólido ó gaseoso, mientras que otros se hallan siempre ó en estado sólido, como el hierro, ó líquido, como el alcohol, ó gaseoso, como el aire; pero aun esos pueden cambiar de estado si se les somete á las temperaturas convenientes para ello.

»Ahora puedo ya contestar á la pregunta que me hizo días pasados uno de vosotros sobre la diferencia entre gases permanentes y no permanentes. Los primeros son los que á las temperaturas ordinarias y corrientes que tenemos en la Tierra se mantienen en estado de gases, y los no permanentes ó vapores son aquellos otros, como el vapor de agua, que dentro de esas mismas temperaturas pueden pasar al estado líquido.

»El vapor de agua, mientras permanece en tal estado de vapor, se comporta en todo como los gases, poseyendo las mismas propiedades y estando sometido á las mismas leyes que ellos. Es, pues, un cuerpo compresible y elástico, exactamente como el aire.

—¿Y qué relación hay entre el estado de los cuerpos y las temperaturas?—preguntó Juanito.

—Que en general el calor dilata los cuerpos, esto es, los

UNED

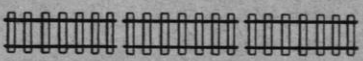
hace que ocupen mayores espacios. Hay una fuerza que llaman *atracción molecular*, que, como su mismo nombre lo está diciendo, tiende á juntar entre sí las moléculas de los cuerpos. El calor es una fuerza contraria á ésa y que tiende á separarlas.

—¿Y qué son moléculas?—preguntó Juanito.

—Moléculas son unas partículas minúsculas de que los cuerpos se componen; tan chicas, que en el más menudo grano de arena entran muchísimos millones de ellas.

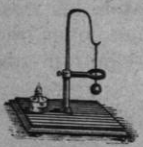
»Esas fuerzas de atracción y de repulsión entre las moléculas son enormes. Figuraos que tenemos aquí un litro de agua; ese litro de agua menguará en volumen si enfría el tiempo, porque el frío hará contraerse al agua. Pues si la fuerza de compresión que habría que hacer en el agua para producir esa misma reducción de volumen sería tan tremenda que se tiene prácticamente al agua por incompresible, como ya repetidamente os he dicho, haceos cargo de la fuerza que harán las moléculas del agua para acercarse y reducir el volumen de ella.

»Cuando se establece un camino de hierro hay que tener en cuenta los alargamientos y encogimientos que experimentan los carriles por los cambios de temperatura, y por eso se dejan espacios vacíos entre unos y otros. Si no se tomase esa precaución y se les pusiese á tope, sucedería que al calentar el tiempo se empujarían entre sí con tal fuerza, que se saldrían de su lugar y se deformaría toda la vía (*).

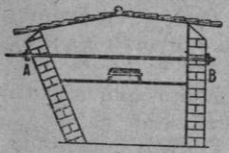


Vía férrea vista en proyección horizontal.

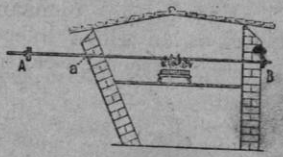
(*) Para demostrar que los cuerpos sólidos se dilatan por la acción del calor y también para medir la dilatación que experimentan, se emplea un aparato como el que representa la figura adjunta. Al calentarse la barra *A* por la acción de la llama de alcohol, se alarga y hace correr á la aguja del cuadrante *K*. Se demuestra también la dilatación de los sólidos por medio del aparato representado en esta otra figura. La bolita pasa por el anillo cuando está fría; pero cuando se la calienta en la lamparilla de alcohol que se ve á la izquierda de la figura se dilata lo bastante para no caber por él.

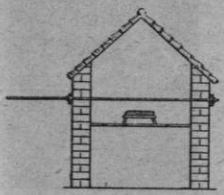


»Hace muchos años se aprovechó esa fuerza de dilatación del hierro en cierto edificio público de París para traer al plomo sus muros, que por haberse inclinado hacia afuera amenazaban ruina.



»Se los atravesó con barras delgadas ó cabillas de hierro que pasaban de un lado á otro del edificio, y á cuyas puntas, que asomaban por fuera, se les enroscaron tuercas. Después se calentaron las cabillas, y cuando por efecto de la dilatación se rompió el contacto entre las paredes y las tuercas, se apretaron éstas hasta restablecer el contacto y se dejaron enfriar las cabillas, que al recobrar su primitivo tamaño forzaron á los muros á aplomarse.





»En esas dilataciones y contracciones de los cuerpos por los cambios de temperatura se fundan los termómetros, aparatos en que la altura de la columna de azogue contenida en un tubo de vidrio que acaba por abajo en un depósito, indica el grado de calor ó de frío del ambiente. Se emplea el azogue por ser materia muy sensible á las mudanzas de temperatura; pero en las tierras muy frías se prefiere el alcohol porque necesita mucho más frío para helarse.

Termómetro.

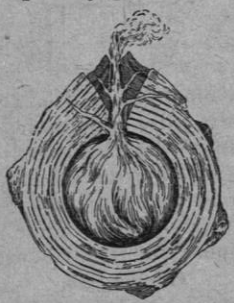
Instrumento que sirve para conocer la temperatura del aire. La altura de la columna de azogue del tubo la indica. Empléanse varias graduaciones. En España se usa la centígrada, llamada así por dividirse en 100 partes. El grado cero corresponde al punto de congelación del agua y el grado 100 á la temperatura del agua hirviendo.

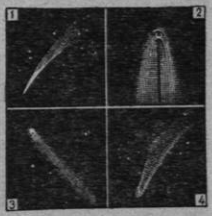
»Los gases se dilatan y contraen con el calor y el frío, como los sólidos y los líquidos. Si se echan castañas en el fuego no tardan en estallar por dilatarse el aire que tienen dentro, por lo cual para asarlas se les hace antes una rajadura en la cáscara que dé salida al aire cuando se dilate.

»No sólo influye el calor en el volumen de los cuerpos, sino en su estado; por eso os dije antes que todos ellos pueden ha-

llarse en estado sólido, líquido ó gaseoso, según sea la temperatura á que estén sometidos. Mediante temperaturas muy bajas, que hay modo de obtener en los gabinetes de Física, ha llegado á liquidarse y aun á solidificarse el aire, y, en cambio, por temperaturas altísimas pueden llegar á convertirse en vapor todos los metales.

»Hay quienes piensan, y no sin fundamento, que nuestra Tierra es un globo hueco, y que dentro de él están en estado líquido y gaseoso, á causa del intenso calor que allí hace, todos los cuerpos que vemos por aquí fuera en estado sólido. En tal supuesto, los volcanes no serían sino respiraderos para dar salida á los gases que se encierran en las entrañas de nuestro globo cuando, por causas que ignoramos, experimentan dilataciones ó expansiones en el seno de su masa, explicándose así que á veces coincidan los temblores de tierra y las erupciones volcánicas en lugares de la tierra separados entre sí por miles de leguas. Esos cometas que se ven de cuando en cuando en el cielo están en estado gaseoso, según opiniones autorizadas.





Los cometas son unos cuerpos celestes que se presentan de cuando en cuando y que afectan figuras muy variadas. En general constan de un núcleo y de una parte tenue y vaporosa que se llama *cola* ó *rabo*, por lo cual suele conocérseles vulgarmente por el nombre de *estrellas de rabo*. Se supone que la materia de que están compuestos se halla en estado de gas ó de vapor.

—Hará, pues, en ellos un calor terrible, ¿verdad, Don Juan?—dijo Gonzalito.

—No parece que sea así—le contestó Don Juan—porque es seguro que nos hemos visto envueltos más de una vez en la masa de algunos cometas sin que ni esa masa se haya solidificado ni se haya experimentado en nuestra Tierra más calor del ordinario. Hay que creer, pues, que la materia de que están compuestos sea de la que, como la que compone nuestra atmósfera, se halla en estado de gas á las temperaturas corrientes en nuestra Tierra.

—De lo que nos dice usted se deduce que todo cuerpo sólido sometido al calor se va dilatando hasta convertirse en líquido,

y si se calienta más todavía pasa al estado de gas, ¿no es así? —volvió á preguntar Gonzalito.

—Así sucede con muchos cuerpos, particularmente con los metales; pero hay otros que se descomponen en lugar de cambiar de estado.

—Explíquenos usted qué es eso de descomponerse un cuerpo.

—Te lo explicaré en pocas palabras, diciéndote que todos los cuerpos sin excepción son simples ó compuestos, lo cual es completamente independiente del estado sólido, líquido ó gaseoso en que se hallen, pues hay cuerpos simples que ordinariamente son sólidos, otros líquidos y otros gases, y exactamente lo mismo sucede con los cuerpos compuestos. El hierro, por ejemplo, que es un cuerpo simple, es sólido; el azogue, que también es cuerpo simple, es líquido; y el oxígeno, que se halla en igual caso, es gaseoso. El bronce, que es un cuerpo compuesto de cobre y estaño, es sólido; el agua, que se compone de oxígeno é hidrógeno, gases ambos, es líquida; y el ácido carbónico, cuerpo muy conocido, compuesto de oxígeno y carbono, es gaseoso. Ahora te agregaré que se llama *cuerpos simples* á aquellos que no han podido ser descompuestos por ninguno de los procedimientos conocidos en los laboratorios de Química, y *cuerpos compuestos* á los que están formados por la combinación de dos ó más cuerpos simples.

»Ahora ya entenderéis lo que antes dije de haber cuerpos que sometidos al calor se descomponen antes de cambiar de estado. La madera, por ejemplo, sometida á un calor violento, se descompone. El oxígeno, el hidrógeno, el carbono y otros cuerpos simples que entran en su composición, se combinan entre sí y con el oxígeno del aire en diversas proporciones, formando cuerpos gaseosos, que se volatilizan, y otros sólidos, que se quedan formando las cenizas. Pero el agua, que es el cuerpo de que tratábamos, no pertenece al número de los que se descomponen por el calor, sino al de los que cambian de estado.

—Quiere decir—observó Gonzalito—que si se calienta el hielo se irá dilatando poco á poco hasta liquidarse y volverse agua, y si se sigue calentando el agua se irá también dilatando poco á poco hasta convertirse en vapor.

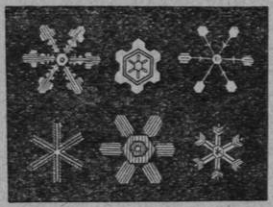
—Así debía ser, y así es en cuanto á lo de cambiar de estado, pero no en lo de dilatarse—contestó Don Juan—; porque el

UNED

agua, lo mismo que otros cuerpos, ocupa mayor volumen cuando se halla en estado sólido que cuando está líquida, y por eso habréis observado que el hielo flota en vez de irse á fondo, lo cual quiere decir que al pasar del estado líquido al sólido se dilata en lugar de contraerse.

—Es verdad; ¿y á qué se debe ese fenómeno?

—A que el agua, al congelarse, forma cristalizaciones que mantienen á sus moléculas separadas entre sí por ciertas distancias que quitan densidad á su masa. Esas cristalizaciones, y todavía mejor las de la nieve que las del hielo, pueden descubrirse con el microscopio. Y aquí se me ofrece otra ocasión de hablaros de la enorme energía de las fuerzas moleculares, citándoos un ejemplo que demuestra que el aumento de volumen que experimenta el agua al convertirse en hielo hace que la encerrada en una granada de hierro hasta llenarla enteramente y helada después, haga saltar el tapón con que se cierra la boquilla de la granada, lanzándolo á tan considerable distancia como si se le disparase con un arma de fuego.



Cristalizaciones de la nieve.

»Pues, volviendo á nuestro asunto, os repito que el vapor de agua se conduce como si fuera un gas, y, por consiguiente, que sometido á una presión, se contrae proporcionalmente á la intensidad de ella, y tiende á recobrar su primitivo volumen con una energía exactamente igual á esa intensidad.

»Veamos ahora lo que pasa en una caldera cerrada y mediada de agua cuando se la calienta.

»Lo que primero sucede al irse produciendo vapor, es expulsar éste al aire de la caldera y ocupar su lugar; después, conforme va aumentando en cantidad el vapor, va creciendo la presión que ejerce sobre sí mismo, sobre el agua y sobre las paredes de la caldera, tendiendo á dilatarse en todos sentidos con igual violencia.

»La intensidad de esa presión suele expresarse en cantidad de peso sobre superficie cuadrada. Así, se dice que la presión es de tantas libras sobre cada pulgada cuadrada, ó de tantos kilogramos sobre cada centímetro cuadrado; porque, como ya os

UNED

he dicho, la presión que haya en un punto de un fluido es igual á la que soportan todos los demás puntos de la masa y de la superficie de ese fluido. Cuando se dice, pues, que la presión del vapor en una caldera es de sesenta libras por pulgada cuadrada, entended que el esfuerzo que hace el vapor de dentro á fuera contra cada pulgada cuadrada de la chapa de la caldera es como si gravitase sobre ellas un peso de sesenta libras de dentro hacia afuera de la caldera.

»Si se manda por tubos el vapor de la caldera á cualquier punto más ó menos distante de ella, allí adonde llegue, y lo mismo en todo el trayecto, ejercerá la misma presión de sesenta libras sobre cada pulgada cuadrada de las superficies con que esté en contacto.

»Figuraos ahora un cilindro en que corra un émbolo que se ajuste perfectamente á sus paredes, y suponed que llega el vapor á ese cilindro por un tubo que desemboque en él por debajo del émbolo; ¿qué pasará? Pues que ese vapor hará una fuerza contra el émbolo para levantarlo y hacerlo correr por el cilindro arriba igual á tantas veces sesenta libras cuantas sean las pulgadas cuadradas que tenga la cara del émbolo. Si tiene trescientas, que cualquier émbolo de una máquina chica las tiene, la fuerza que empujará al émbolo hacia arriba será de trescientas veces sesenta libras, ó sea, de diez y ocho mil libras.

»Antes de seguir, debo deciros que el cilindro comunica por ambos extremos con la atmósfera y con la caldera, y que en el momento á que me refiero, ó sea, al llegar el vapor á su parte baja, está cerrada la comunicación de ésta con la atmósfera y abierta la de la parte alta.

»El émbolo será, pues, empujado hacia arriba por una fuerza de 18.000 libras, y hacia abajo por su propio peso y por la presión de la atmósfera sobre su cara superior, presión que siendo, como es sabido, de 15 libras por pulgada cuadrada, hará un total de 4.500 libras sobre las 300 pulgadas cuadradas del émbolo.

»Pero vencidas esas resistencias y algunas más de menor importancia que excuso mencionar para no complicar la explicación, porque las supera con mucho la fuerza de 18.000 libras que hace el vapor para levantar el émbolo, va éste subiendo hasta llegar á la parte alta del cilindro, en el cual momento se cierran á un tiempo la entrada del vapor por abajo, y

UNED

la del aire por arriba, y se abren la del vapor por arriba y la del aire por debajo.

»Por estas últimas se escapa el vapor que trabajó para levantar el émbolo, y comienza éste á descender empujado por el vapor, que le entra ahora por arriba, y por su propio peso, que antes contrariaba su movimiento y que ahora lo favorece; fuerzas ambas muy sobradas para vencer á la presión atmosférica, que obrando contra su cara inferior, se opondrá en vano á su descenso, como antes se opuso á su ascenso.

»Llegado á la parte baja del cilindro, vuelven las cosas á como estaban al principio, cerrándose á un tiempo la comunicación de la parte superior del cilindro con la caldera, y la de la parte inferior con el aire, y abriéndose la de la parte inferior con la caldera y la de la superior con el aire. Vuelve, pues, á subir el émbolo para bajar de nuevo, repitiéndose sucesivamente esos movimientos de subida y bajada durante todo el tiempo en que esté trabajando la máquina.

»Ahí tenéis, en substancia, lo que es una máquina de vapor, prescindiendo de pormenores que no afectan á su esencia.

—De modo que lo que tenemos en definitiva—dijo Gonzalito—es un émbolo que sube y baja alternativamente.

—O que se mueve alternativamente de derecha á izquierda, y al revés, ó en cualquiera otra dirección y la contraria; porque el cilindro puede estar á plomo ó en otra posición cualquiera.

»Lo que sí tenemos es un movimiento rectilíneo de vaivén que puede transformarse en cualquiera otro mediante los mil procedimientos que tiene la mecánica.

»También debo deciros que en la generalidad de las máquinas, el vapor de la caldera no empuja constantemente al émbolo hasta el extremo de su curso, sino sólo durante una parte de él, recorriendo el émbolo el resto por el arranque que ya lleva, ayudado por el volante ó rueda voladora (como también se llama) de la máquina, y por la fuerza expansiva del vapor encerrado en el cilindro, al que no se le abre la comunicación con la atmósfera hasta que el émbolo no está llegando casi al extremo de su carrera, y abriéndose entonces la comunicación de la caldera con la parte opuesta del cilindro.

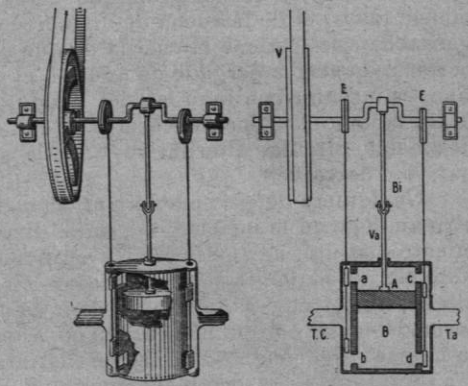
—¿Y quién abre y cierra esas comunicaciones del cilindro con la caldera y con la atmósfera?—preguntó Juanito.

—La máquina misma, mediante ciertas varillas ó vástagos

montados generalmente en su mismo eje; pero ese procedimiento automático de la máquina para abrir y cerrar las comunicaciones del cilindro con la caldera y con la atmósfera, está estrechamente ligado con las transformaciones de unos movimientos en otros, y ese punto hemos de tratarlo mañana.

»También debo deciros que hay máquinas en que no se comunica el cilindro de vapor con la atmósfera, sino con una cámara especial adonde el vapor que ya ha trabajado es reducido al estado líquido por la acción de un chorro de agua. A esa cámara se la llama *condensador,* y á las máquinas de esa clase *de condensación*» (*).

(*) Las adjuntas figuras representan en croquis una máquina de vapor ideal, para que se comprenda fácilmente la manera de funcionar de tales aparatos. Los orificios *a* y *b* comunican con la caldera por el tubo de vapor *TC*, y los *c* y *d* por el tubo *Ta* con el aire. Unos platillos ó válvulas montadas en dos varillas ó vástagos, movidos por la misma máquina, cierran y abren los dichos orificios *a*, *b*, *c* y *d*. En la figura se representan abiertos el *b* y el *c*, y cerrados el *a* y el *d*.



El vapor que llega de la caldera por el tubo *TC*, entra por el orificio *b* en la parte inferior del cilindro y hace subir el émbolo *A*. Ese vapor no puede escaparse al aire por encontrar cerrado el orificio *d*; en cambio, el que trabajó antes sobre la cara superior del émbolo para hacer descender á éste, ha salido por el orificio *c*, que se abrió oportunamente y que comunica con el aire por el tubo *Ta*. El mismo movimiento de la máquina hará que cuando llegue el émbolo al punto extremo de su carrera hacia arriba, se cierren los orificios *b* y *c* y se abran los *a* y *d*. Entonces el vapor, entrando por *a* en la parte superior del cilindro, y hallando cerrado el orificio *c*, obligará á bajar al émbolo, que no encontrará ninguna resistencia, porque el vapor que trabajó antes se escapará por el orificio *d*.

En las máquinas de vapor comunes están arregladas las cosas de manera que los mismos orificios que dan entrada al vapor, le dan también salida, encontrándose todos al mismo lado del cilindro; pero aquí se han figurado distintos y separados esos orificios para mayor claridad de la explicación.

UNED

CAPÍTULO VIII

Transformaciones de unos movimientos en otros.

—Son muchísimas las formas de movimiento que encuentran aplicación en la Mecánica; pero las más comunes y usuales son las correspondientes á los movimientos rectilíneos y giratorios, ya continuos, ya alternativos.

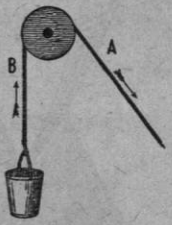
»El movimiento del cubo pendiente de una cuerda que saca agua de un pozo, es rectilíneo continuo; el del carro que anda por un camino, ó el del agua que corre por un río, son de la misma clase; el de la rueda de un carro que marcha, ó el de la garrucha que sostiene la cuerda de que pende el cubo que sube por el pozo arriba cargado de agua, ó el de la rueda de un molino, es circular continuo; el del péndulo de un reloj, ó el del pedal de una máquina de coser ó el del que mueve una rueda de amolar, circular alternativo; el de la sierra, rectilíneo alternativo ó de vaivén.

»Cualquiera de esos movimientos puede ser transformado en otro análogo en la misma ó distinta dirección, ó en otro movimiento distinto, mediante ciertos artificios ú órganos auxiliares. Esto es: un movimiento rectilíneo ó circular, sea continuo ó alternativo, y en esta dirección ó en la otra, puede ser transformado en otro circular ó rectilíneo, alternativo ó continuo, en la misma dirección ó en dirección distinta.

»Son tantas las combinaciones que pueden hacerse, y tan diversas las maneras de hacerlas—prosiguió diciendo Don Juan, que era el que estaba hablando—, que se necesitaría un libro, y muy voluminoso, para contenerlas todas. Me limitaré, pues, á explicaros algunas de las más vulgares y sencillas.

»Nada más simple ni elemental que el cubo, la soga y la garrucha, y, sin embargo, tenéis ahí tres movimientos: el rectilíneo continuo de abajo hacia arriba del cubo y del ramal de

soga de que pende; el circular continuo de la garrucha, y el rectilíneo, también continuo, de arriba hacia abajo ó con la inclinación que sea, del otro ramal de la soga. También tenéis en ese caso tres transformaciones de movimientos: primera, la del rectilíneo continuo de arriba hacia abajo del ramal libre de la soga en el también rectilíneo continuo, pero de abajo hacia arriba, del otro ramal; segunda, la del rectilíneo continuo del ramal libre de la soga en el circular continuo de la garrucha; tercera, la del circular continuo de la garrucha en el rectilíneo continuo del ramal de la soga que sostiene el cubo.

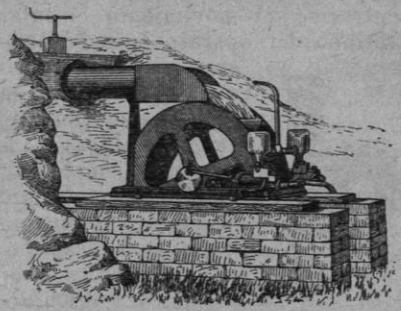


Garrucha.

Aceña.

»En una aceña, prescindiendo absolutamente de todo el mecanismo interior de ella, y no teniendo en cuenta sino la rueda de paletas y la corriente del agua que la hace girar, tenemos el movimiento rectilíneo continuo del agua transformado en el circular continuo de la rueda de paletas.

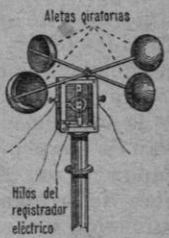
»En toda rueda movida por la fuerza del agua, ya se emplee en moler grano, ya en cualquiera otra cosa, hay un movimiento rectilíneo continuo—el de la corriente del agua—transformado en el circular continuo de la rueda, que á su vez sufre otras transformaciones para mover las máquinas, cualesquiera que sean, destinadas á verificar los trabajos.


Motor hidráulico.

»Otros ejemplos de transformación del movimiento rectilíneo en circular, también continuo, tenemos en todos los artificios en que se utiliza el viento como fuerza motriz, prescindiendo también del objeto á que se destinen.

»El movimiento del aire es rectilíneo continuo, y el de las aspas del molino de viento ó el de las aletas giratorias del anemómetro es circular también continuo.

Molino de viento.

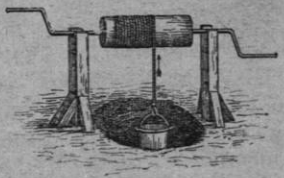


Anemómetro.

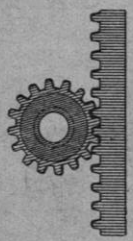
—¿Qué es *anemómetro*? — preguntó Gonzalito.

—Es un aparato que tiene por objeto medir la velocidad del viento— le contestó Don Juan.

—En los casos dichos—prosiguió diciendo Don Juan—, el movimiento rectilíneo continuo del agua ó del viento se transforma en el circular continuo de las ruedas hidráulicas ó de las aspas; pero si os fijáis en otro aparato sencillísimo y de antigüedad venerable—en el molinete—veréis lo contrario: el movimiento circular continuo del aparato transformado en el rectilíneo continuo del ramal de la soga de que cuelga el cubo, ó el cajón, ó la espuerta, ó lo que sea.



Molinete.



Piñón y cremallera.

»Otro ejemplo de transformación de movimiento circular continuo en rectilíneo continuo tenemos en la combinación del piñón y la cremallera.

—¿Qué cosas son ésas?—preguntó Gonzalito.

—*Piñón* es toda rueda dentada de pequeño diámetro, y *cremallera* una barra también dentada—contestó Don Juan—. Ya comprenderéis que la combinación del piñón y la cremallera puede utilizarse, como se hace, en el aparato llamado *gato* por unos, *cric* por otros, y *gato cric* por no pocos, para transformar el movimiento circular continuo que se imprime al piñón en el

rectilíneo continuo de la cremallera, y al contrario: para transformar el movimiento rectilíneo de la cremallera en el circular del piñón, bien que en tal caso suelen ser alternativos ó de vaivén tanto el uno como el otro.

—Y ese aparato que se llama *gato,* ¿para qué sirve?—preguntó Juanito.

—Tus compañeros, los que construyeron la casa del globo, no me harían esa pregunta, porque tuvieron que emplearlo con bastante frecuencia, ¿verdad Joaquinito?—dijo Don Juan dirigiéndose al hijo de Don Joaquín, que estaba allí presente.

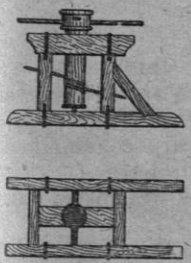
Gato.

—Ya lo creo que lo empleamos—contestó el interpelado—. Y no nos sacó de pocos apuros cuando teníamos que levantar grandes pesos.

—Yo también lo recuerdo—dijo Julio—porque yo también, y Fernandito y algunos más de los que todavía no hemos acabado nuestros estudios, alcanzamos la construcción del globo y de su alojamiento.

—Pues el *gato,* querido Juanito, sirve para levantar pesos, y se le emplea con grandísima frecuencia. ¿Te acuerdas—preguntó Don Juan á Julio—de algún otro aparato muy usado para transformar el movimiento circular continuo en rectilíneo continuo?

—Sí, señor—contestó Julio—: el *cabrestante.*



Cabrestante.

—¿Y para qué sirve el cabrestante?—preguntó Juanito.

—Pues para arrastrar grandes pesos, ó para levantarlos. En los barcos se le usa mucho para levar el ancla y para atracar los mismos barcos á los muelles.

—Dinos alguna manera de transformar un movimiento circular continuo en circular alternativo—dijo Don Juan á Julio.

—Hay muchísimas—contestó Julio.

—Bueno, pues dinos unas cuantas.

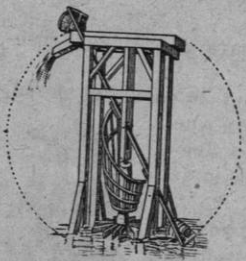
—Me acuerdo en este momento de una muy rara, pero no puedo explicarla sin un dibujo—dijo Julio.

—Pues haz el dibujo.

Trazó Julio en un papel uno semejante al del adjunto gra-

UNED

bado, y explicó en seguida cómo el artificio que se ve en el centro de la figura, y que gira continuamente de derecha á izquierda (*), levanta y baja alternativamente los dos brazos de la pértiga, provistos en sus extremos de sendos cubos que se derraman al llegar á lo alto de su curso oscilatorio.



Columpio hidráulico.

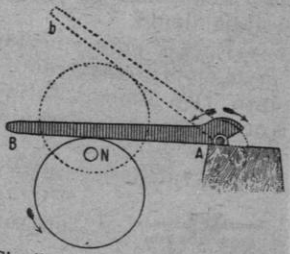
—Es un aparato muy ingenioso, y del que no tenía la menor noticia. ¿Dónde lo has visto, Julio?—pregunté.

—Lo vi días pasados en un libro que tiene Don Juan en la biblioteca.

»Otro aparato, y éste muy común, para transformar el movimiento circular continuo en circular alternativo es la cizalla, que tan frecuentemente se emplea en los talleres de herrería, y de la que tenemos dos ejemplares aquí mismo. El movimiento giratorio continuo de la excéntrica se transforma en el circular alternativo del cabo de la cizalla y de la cuchilla que constituye el extremo opuesto de ella.

—¿Qué es una *excéntrica*?—preguntó Gonzalito.

—Excéntrica es una rueda giratoria alrededor de un punto de ella que no sea su centro. Tienen las excéntricas multitud de aplicaciones en las máquinas, y una de ellas es la que acabo de decir; porque al girar la rueda alrededor de este punto —dijo Julio señalando al marcado con la letra *N* en nuestro grabado—hace que la cizalla tome un movimiento oscilatorio, ó sea circular alternativo sobre su eje, que es éste—dijo señalando al punto que en nuestra figura está señalado por la letra *A*.



Cizalla movida por excéntrica.

Julio había dibujado una figura semejante á la nuestra para hacer comprensible su explicación á Gonzalito.

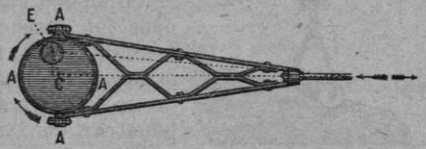
—Ya que tratamos de las excéntricas—dijo Don Juan—, os recordaré que son órganos muy usados para transformar el movimiento circular continuo en rectilíneo de vaivén cuando tiene

(*) O sea en sentido contrario á la marcha de las agujas del reloj.

éste poca amplitud. En las máquinas de vapor suele empleárselas para transmitir á los vástagos de las correderas que reparten el vapor en las cajas de distribución el movimiento de vaivén rectilíneo que requieren para verificar su trabajo.

—No entiendo una palabra de eso—dijo Juanito.

—¿No te acuerdas de aquellos platillos de que os hablé ayer, cuando os explicaba las máquinas de vapor, que abren y cierran la comunicación del cilindro de vapor con la caldera y con el aire?



Esta figura representa una excéntrica dispuesta para producir un movimiento de vaivén, como lo indican las flechas dibujadas en el extremo del vástago. Esa excéntrica, en lugar de girar alrededor de su centro *C*, gira alrededor del punto *E*, y mediante el collar *AAA* transforma el movimiento circular continuo de que está animada en el de vaivén dicho.

—Sí, señor—contestó Juanito.

—Pues para que esos platillos corran para adelante y para atrás, se les sujeta á unas varillas ó vástagos que terminan en anillos ó collares que abrazan á excéntricas montadas en el eje de la máquina. Así, el movimiento de rotación continuo del eje de la máquina se transforma en el rectilíneo de vaivén de los platillos.

—Se me ocurre—dijo Julio—otra manera de transformar el movimiento circular continuo en circular alternativo.

—¿Cuál?—preguntó Don Juan.

Escape de áncora.

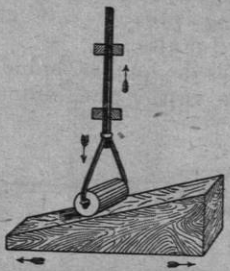
—La que se emplea en el escape de los relojes. El movimiento de rotación continuo de la rueda dentada se transforma en el circular alternativo del péndulo.

—Perfectamente—dijo Don Juan—. Explícanos tú, Fernandito, que estás ahí callado, algunas otras transformaciones de movimientos.

—Voy á comenzar, como Julio, por una muy rara para transformar un movimiento rectilíneo de vaivén en otro semejante, pero siguiendo otra dirección. Consiste en la combinación de una cuña animada, mediante una barra ó varilla movida por una máquina, de un movimiento rectilíneo de vaivén, y de un rodillo ó roldana que gira libre-

UNED

mente en el extremo de un vástago que corre por unas guías. Es fácil comprender cómo el movimiento de vaivén de izquierda á derecha y de derecha á izquierda de la cuña, se transforma en el de vaivén de arriba abajo y de abajo arriba del vástago en que va montada la roldana.



Cuña motora.

»Otro movimiento rectilíneo transformado en dos movimientos, también rectilíneos, en direcciones contrarias, nos lo da la cuña cuando se la fuerza á penetrar en cualquiera cuerpo. Si esos dos trozos separados por la cuña—añadió Fernandito trazando una figura como la que acompaña á estos renglones—se vieran forzados por la acción de muelles ó resortes á juntarse, y tuviera la cuña un movimiento poco amplio de vaivén de arriba abajo y de abajo arriba, produciría sendos movimientos laterales de vaivén en los dichos trozos, los cuales podrían aplicarse á multitud de objetos.

Cuña trabajando.

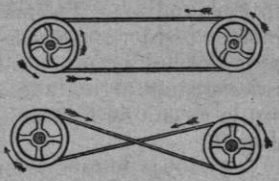
»Un aparato para transformar un movimiento rectilíneo de vaivén en uno circular alternativo es el arco, vulgarmente llamado *violín*, que suelen emplear los herreros y cerrajeros para practicar taladros á mano con la broca ó punzón. La cuerda del arco da una vuelta al carrete que lleva el mango de la herramienta, y hace girar á ésta alternativamente cuando el operador imprime al arco un movimiento de vaivén. Esos arcos se emplean en la misma forma para mover los tornos de mano.

Violín.

Bicicleta.

»Las bicicletas funcionan mediante varias transmisiones y transformaciones de movimientos. El de rotación continuo del pedal se transmite á la rueda

trasera por medio de lo que se llama una *cadena sin fin,* que juega ahí análogo papel que las *correas sin fin* en las poleas de las máquinas.



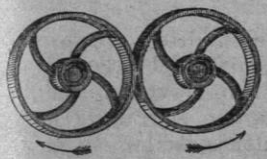
Poleas y correas sin fin.

—¿Y qué papel juegan las correas sin fin en las poleas de las máquinas?—preguntó Don Juan.

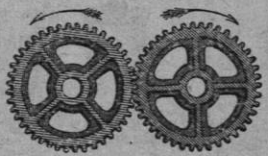
—Transmitir movimientos de rotación á largas distancias—contestó Fernandito—, pudiéndose también, si se quiere, cambiar la dirección del movimiento cruzando las correas.

—Y para transmitir movimientos de rotación á distancias cortas, ¿no convienen las correas?—preguntó Don Juan.

—No, señor—replicó Fernandito—. Para distancias cortas, si la resistencia no es grande, puede transmitirse la rotación por simple contacto entre las ruedas, procurando que haya cierta aspereza en las superficies; pero si la resistencia es grande, se suelen emplear las ruedas dentadas, de iguales diámetros si se quiere conservar la misma velocidad de rotación, y de distintos si se quiere modificar esa velocidad.



Tambores de contacto.

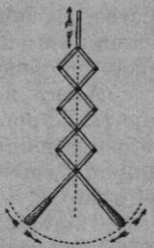


Ruedas dentadas.

Piñón y rueda dentada.

—Muy bien; sigue adelante—dijo Don Juan.

—El *zig-zag,* tan usado en ciertos juguetes—prosiguió Fernandito reanudando su interrumpida explicación— es una manera curiosa de transformar un doble movimiento circular alternativo en rectilíneo de vaivén.



Zig-zag.

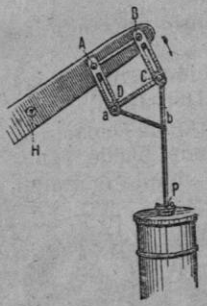
—Y el movimiento de vaivén del émbolo de una máquina de vapor, ¿cómo se transforma en el movimiento circular continuo del eje de la máquina?—preguntó Don Juan.

UNED

—Hay varias maneras de hacer esa transformación—contestó Fernandito—. La más sencilla es por medio de la combinación de *biela* y *manivela* ó *cigüeña*, y otra también muy usada es la del balancín con ó sin interposición de lo que se llama paralelogramo articulado; pero no puedo explicar esos órganos sin la ayuda de figuras. ¿Me permite usted que las dibuje, Don Juan?

—Dibuja lo que quieras.

Fernandito trazó primero el paralelogramo articulado, y explicó cómo el punto *C* tiene la propiedad de describir una línea recta y á plomo cuando el movimiento oscilatorio del balancín sobre su eje *H* no es más amplio que el que tiene en las máquinas de vapor.



Paralelogramo articulado.

—Yo no entiendo bien eso—dijo Juanito.

—Mira—le dijo Fernandito—; esta pieza grande *BAH* es la mitad del balancín, el cual oscila como un columpio sobre el punto *H*, en que lo atraviesa una barra que hace de eje de ese movimiento oscilatorio. ¿Has entendido?

—Sí; lo he entendido; sigue adelante.

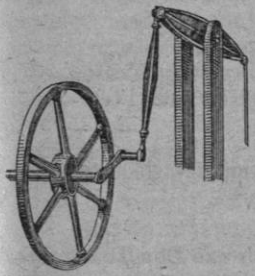
—Bueno; pues en el extremo del balancín va montado el paralelogramo articulado, que se compone de las barras *AD*, *BC* y *CD*. Esa otra barra que va desde *D* hasta un punto *b* que parece situado en el vástago del émbolo, pero que en realidad es un punto fijo unido á la armazón de la máquina, y por completo independiente de dicho vástago, se llama *brida*.

»Ahora figúrate al balancín oscilando á compás sobre su eje *H*. El punto *C* del paralelogramo bajará y subirá á plomo, y, por consiguiente, puedes articular en él el extremo del vástago del émbolo que atraviesa la tapa del cilindro de vapor por el punto *P*.

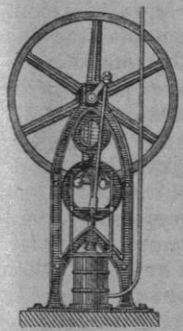
»También sube y baja á plomo un punto de la barra *AD* del paralelogramo, el cual se determina por el cruce de dicha barra con la línea que va desde *C* á *H*, y que se utiliza para articular el extremo del vástago de una bomba, que se llama la *bomba de aire*, y que en las máquinas de condensación sirve para extraer el aire y el agua del *condensador* y mantener en él el vacío.

UNED

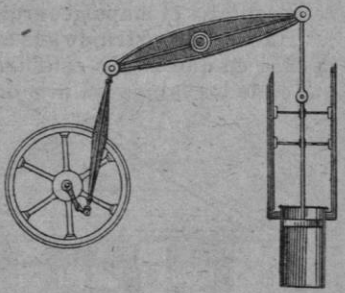
—He entendido perfectamente tu explicación—dijo Juanito—, y veo que el movimiento alternativo de subida y de bajada del émbolo se transforma en el movimiento oscilatorio del balancín; pero lo que no veo por ninguna parte es el movimiento rotativo continuo del eje de la máquina.



—Tienes mucha razón—dijo Fernandito—; pero si me hubieras dejado acabar mi explicación no dirías eso, porque ahora te falta saber que en el extremo del otro brazo del balancín va articulada una biela, cuyo otro extremo—el de abajo—se articula en la cigüeña que hace girar al eje de la máquina. Ahí tienes cómo el movimiento de vaivén del émbolo se transforma en el rotativo continuo del eje motor de la máquina.



Transformación del movimiento de vaivén rectilíneo del émbolo de una máquina de vapor en el circular continuo del volante, mediante combinación de biela y manivela.



Transformación del movimiento rectilíneo de vaivén del émbolo de una máquina de vapor en el circular continuo del volante, mediante balancín, biela y manivela, sustituyendo el paralelogramo articulado por unas guías ó correderas.

»Pero es más sencilla la transformación del movimiento rectilíneo de vaivén del émbolo en el rotativo continuo del eje de la máquina, bien por medio de la biela y manivela, bien por medio del mismo balancín, sustituyendo el paralelogramo articulado por unas guías que obliguen á marchar derecho al vástago del émbolo—continuó Fernandito; y acto seguido explicó, con ayuda de figuras semejantes á las anteriores, cómo se verifican esas transformaciones de movimientos.

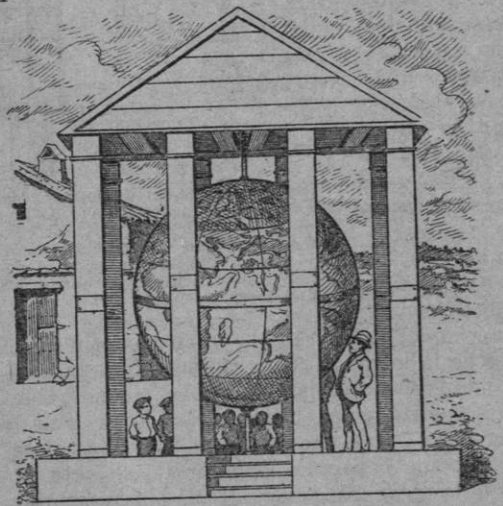
UNED

CAPÍTULO IX

Sistema que siguió Don Juan para la fabricación del globo terrestre.

La esfera terrestre de que me había hablado Don Juan cierto día que paseábamos él, Don Joaquín y yo por el campo que representaba el mapa geográfico de Europa, era digna de verse.

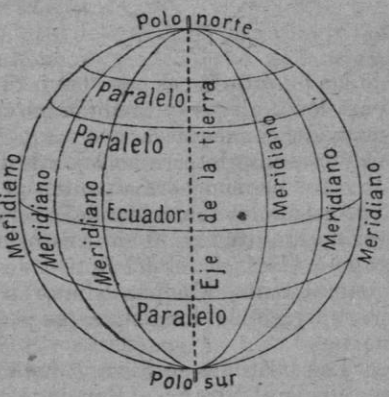
Habíanla construído sus alumnos bajo su dirección, así como la casa en que estaba establecida; y el relato de su fabricación, que oí de los labios del hijo de Don Joaquín, que había sido uno de los que tomaron mayor parte en los trabajos, por ser de los mayores, ó quizás el mayor de sus discípulos por aquel tiempo, me demostró el partido que Don Juan sabía sacar de cualquier hecho ó incidente, por insignificante que fuese, para instruirlos.



Estaba montada la susodicha esfera en un eje que, después de atravesarla, sobresalía de ella una vara por cada lado, hallándose presos sus extremos en sendas ranguas ó chumaceras de hierro, fija la de

abajo en el suelo y sujeta la de arriba en una pieza de madera encajada entre las cuatro robustas vigas que servían al mismo tiempo de llaves á la casa; disposición que permitía al globo girar al más leve empuje.

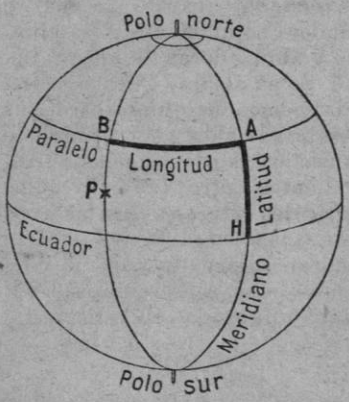
Soportaba ese eje la armazón toda del aparato, la cual se componía de diversas piezas de madera sólidamente ensambladas y trabadas entre sí por pernos y abrazaderas de hierro, llevando con ese objeto á la mitad de su altura, ó sea á la del Ecuador, una gran rueda que tenía, como cualquiera otra, sus rayos y sus pinas ó camones, consolidado todo por un suncho ó llanta de hierro, y á distintas alturas otras ruedas semejantes, cada cual de su tamaño, correspondientes á otros tantos círculos paralelos de la Tierra. Tablas verticales correspondientes á los meridianos formaban con otras cruzadas con ellas una especie de artesonado por la parte de afuera, relleno de una capa de barro como de dos pulgadas de grueso que representaba la superficie terrestre, sobre la que estaban figuradas en relieve todas las tierras y mares del mundo con sus principales detalles geográficos.



Pero no debo seguir mi narración sin explicar antes á mis jóvenes lectores lo que se entiende por círculos *meridianos* y *paralelos* de la Tierra, *longitudes* y *latitudes*, porque son términos que se emplean con gran frecuencia tanto en Cosmografía y Geografía, como en el lenguaje común y corriente; y de ningún modo puedo darles más claramente idea de la significación de ellos, que por medio de la figura adjunta y la siguiente. En esta primera están representados los dos *polos* Norte y Sur de la Tierra, ó sea los puntos en que el eje de rotación de ésta atraviesa su superficie; el *Ecuador*, que es el círculo que rodea á la Tierra á la altura de la mitad de su eje; varios *paralelos*, que son todos los círculos paralelos al Ecuador, y que van menguando sucesivamente en tamaño desde

él hasta los polos, y varios *meridianos,* que son todos los círculos que resultan de cortar la superficie terrestre por planos que pasen por el eje de la Tierra.

Esta otra figura indica el sistema que se sigue para determinar la posición de un lugar cualquiera *A* en la superficie de la Tierra por medio del cruce de los círculos meridiano y paralelo que pasan por él. El arco *AH* de círculo meridiano comprendido entre el lugar *A* y el Ecuador es la *latitud* de dicho lugar, y el arco *AB* del círculo paralelo comprendido entre el meridiano del mismo lugar *A* y el de otro lugar *P* que se elige arbitrariamente, es su *longitud.*



Ese lugar, cuyo meridiano se toma por punto de partida de las *longitudes,* es para los franceses el observatorio de París; para los ingleses (y también muy para la gente de mar, de dondequiera que sea), el observatorio de Greenwich, pueblo de Inglaterra no lejos de Londres, y para los naturales de otras naciones otros puntos en que tienen sus observatorios. Los españoles suelen emplear como puntos de partida para contar las longitudes, el observatorio de San Fernando, lugar cercano á Cádiz, y el del Retiro de Madrid, aunque éste menos generalmente. Un punto muy usado (aunque hoy no tanto) para origen de longitudes es la isla de Hierro, una de las Canarias.

Las latitudes se dicen *boreales* ó *australes,* según se cuenten hacia el Norte ó el Sur del Ecuador, y las longitudes *orientales* ú *occidentales,* según caigan los lugares correspondientes hacia el Este ó el Oeste del meridiano del que sirva de punto de partida para contarlas.

Reanudaremos ahora nuestro interrumpido relato, diciendo que tenía el globo que construyeron los discípulos de Don Juan cerca de cuatro varas de diámetro, y la casa que le servía de alojamiento unas seis desde el suelo hasta las llaves y

soleras, y dos desde éstas hasta el tarugo en que se apoyaban las limas que sostenían el maderamen del tejado. Era de seis varas en cuadro próximamente, y más que casa parecía kiosco por carecer de paredes, ocupando el lugar de ellas doce pilares de madera que sostenían las soleras, y que se apoyaban en los durmientes que corrían sobre la zapata de ladrillos, con esquinas de piedra, que sustentaban toda la fábrica. Todas esas piezas de madera, así los durmientes como las soleras, llaves y tornapuntas de la casa y también el eje del globo, no eran enterizas, sino que se componían de varios trozos empalmados y acoplados entre sí por ensambladuras, reforzadas y consolidadas por pernos pasantes y por abrazaderas de hierro, más que por necesidad, pues los indicados maderos no eran ni tan grandes ni tan gruesos que exigiesen tales arbitrios, por el empeño que puso Don Juan en aglomerar las dificultades y los problemas en la construcción para obligar á sus alumnos á discurrir la manera de allanarlos y resolverlos.

—No tiene usted idea—me dijo Joaquinito—de la multitud de cosas que aprendimos los alumnos de Don Juan al fabricar ese globo. Nos practicamos en multitud de trabajos manuales de carpintería, tornería, carretería, albañilería, herrería, modelado en barro, corte de piedras y maderas, procedimientos para trasladar y subir pesos, y conocimiento y manejo de artificios sencillos para verificar muchas de esas operaciones manuales, y además aprendimos muchas cosas relacionadas directa y hasta muy indirectamente con aquellos oficios y faenas, con los materiales que en ellos se emplean, con la Mecánica, la Física, la Química y varias otras ciencias; porque no había hecho, por menudo que fuese, que le pasase inadvertido y que no le diera materia para reflexiones y enseñanzas.

—Así tardarían ustedes muchísimo tiempo en fabricar ese globo y con casa.

—Más de tres años; porque ni él ni nosotros teníamos la menor prisa en acabarlos; ni olvide usted tampoco que no nos ocupábamos sólo en eso, sino en otras muchas cosas, particularmente en los cultivos, sementeras, cosechas, vendimias y demás faenas agrícolas.

»Todo se hacía muy despacio y muy á conciencia y con perfecto conocimiento de lo que se hacía, que Don Juan se encargaba de enseñarnos, dándonos motivo á preguntas sobre la ra-

UNED

zón de las cosas y haciendo que nos interesásemos tan vivamente en ellas, que á cada momento se promovían discusiones entre nosotros sobre la manera de verificar tal ó cual trabajo ó sobre puntos de índole más abstracta; de las cuales discusiones brotaban siempre ideas que se nos quedaban grabadas indeleblemente en el cerebro. Trabajábamos al mismo tiempo con el entendimiento y con las manos; adquiríamos á un mismo tiempo fuerza, agilidad y destreza y conocimiento teórico de las cosas; recibíamos en dos palabras una educación integral perfecta.

—Pero no entiendo—le dije—cómo alumnos de tan distintas edades, aptitudes y capacidades como eran ustedes entonces, y como lo son ahora los discípulos de Don Juan, podían hacer los mismos trabajos y entender las mismas explicaciones; porque lo que puede hacer un muchacho de doce, trece ó catorce años y las ideas que es capaz de concebir, no es ni pueden ser iguales á las cosas que haga ó que piense uno de cinco ó seis.

—Es verdad; y por eso Don Juan no tenía el mismo lenguaje para unos que para otros cuando se nos dirigía particularmente; pero teniendo en cuenta el instinto de imitación de los niños, y persuadido también, sin duda, de que el modo de expresarse de un muchacho, de cualquiera edad que sea, es más inteligible que el de un hombre para los niños pequeños, encomendaba mucho la instrucción de estos últimos á su natural empeño en imitar á los mayores y en escuchar sus pláticas y razonamientos.

»Todos, chicos y grandes, tomábamos parte á un mismo tiempo en los mismos trabajos, haciendo cada cual lo que podía. Los pequeños nos ayudaban al par que nos veían trabajar, y se esforzaban en imitarnos. Así se iban familiarizando involuntariamente, y sin darse cuenta, con multitud de cosas que de otra manera hubieran aprendido muy difícilmente.

—Pero no han de pasarse la vida los alumnos de Don Juan construyendo casas y globos; y una vez acabados esos, ya no puede haber tenido ocasiones Don Juan de repetir las mismas lecciones.

—Globos precisamente, no; pero casas, sí, y otras muchas cosas que se han ido haciendo después. Ese campo tan admirablemente cultivado y que tan ingeniosamente imita el mapa de Europa, Africa y Asia Menor, se comenzó á hacer después del

tiempo de que le estoy hablando, y sin estar todavía acabado ni muchísimo menos, tiene que haber dado motivo á muchísimos trabajos que no habrá dejado de aprovechar Don Juan para instruir á sus discípulos. Ya ve usted: ahora pretende, no ya que hagan una casa, sino multitud de ellas que representen monumentos famosos en miniatura. ¡Imagínese usted el partido que sacará de eso para sus lecciones!

Acostumbraba Don Juan, por lo que Joaquinito me dijo refiriéndose al tiempo en que se construyeron el globo y la casa, tener todas las mañanas una especie de consejo ó conferencia con sus alumnos antes de dar principio á los trabajos, tanto para determinar los que habían de hacerse en el día, fueran agrícolas ó de cualquiera otra clase, como para darles toda clase de explicaciones acerca de ellos, resolviendo sus dudas y contestando á sus objeciones.

Concretándome por ahora á referir la fabricación de la casa (pues de los trabajos agrícolas y de otros hablaré en otro lugar, no siéndome posible tratar á un tiempo de asuntos tan diversos), diré que se procedió ante todo á trazar en el suelo con cuerdas y piquetes el contorno del edificio para practicar la excavación en que habían de fundarse sus cimientos; pues por más que para nada los necesitase fábrica de tan poca importancia, no quiso Don Juan que se prescindiese de ellos.

CAPÍTULO X

Cimentación de un edificio.—Maza de Fraga.

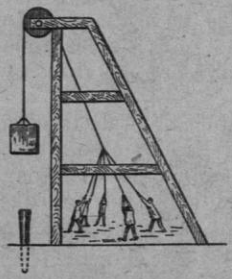
Cuando estuvo acabada la zanja, explicó Don Juan á sus alumnos las diferentes maneras de establecer los cimientos de un edificio.

Ante todo hay que tener en cuenta el peso que han de soportar, porque proporcionada á él tiene que ser la solidez del terreno que lo sustente. Un edificio de muros delgados y de poco

peso no requiere cimientos tan firmes como un monumento de grande altura y gruesos muros que gravite poderosamente sobre ellos.

Una condición muy importante del terreno sobre que se funde un edificio es la homogeneidad, esto es, la igualdad de resistencia de todas aquellas de sus partes que tengan que sufrir los pesos de los muros de carga ó paredes maestras.

Cuando al verificar las excavaciones se llega á un terreno duro, firme, inquebrantable, como, por ejemplo, el formado por roca ó peña, no es necesario ahondar más, y sobre él mismo se levantan los muros; pero si, al contrario, se tarda mucho en dar con un terreno sólido, se acude á varios expedientes para evitar la costosa prosecución de las excavaciones. Uno de ellos, muy usado en terrenos pantanosos, consiste en hincar pilotes á fuerza de maza hasta tropezar con terreno sólido, y fundar sobre sus cabezas, ligadas por gruesos maderos, la base de los muros. Esos pilotes han de ser robustos y de madera dura é incorruptible en el agua, tanto para que puedan sufrir los enormes pesos que han de gravitar sobre ellos, como la acción destructora de la humedad y de las substancias terrosas de que han de estar rodeados. Para introducirlos en el terreno suele emplearse un aparato conocido por el nombre de *maza de Fraga. (Véase la figura que la representa.)*



Maza de Fraga (*).

Casas lacustres.

Las cimentaciones sobre pilotes, cuando están bien hechas, son eternas. En los lagos de Suiza se han descubierto en nuestros días los pilotes en que en tiempo antiquísimo, muy ante-

(*) En este grabado, que representa una maza de Fraga en su forma más sencilla, se han suprimido las guías ó correderas que la conducen, para no complicar el dibujo y que se vea claramente el modo de funcionar del aparato.

rior al histórico, estaban fundadas las habitaciones llamadas *lacustres* (*), y hay muchos grandes templos, palacios y monumentos célebres y muy antiguos fundados sobre pilotes.

Acúdese á otros varios arbitrios para dar solidez y consistencia al terreno en que hayan de descansar los cimientos de un edificio. Lo más común es fundar los muros de carga ó maestros sobre bases mucho más anchas que las que han de sufrir directamente su peso, para que así se reparta éste en muy vastas superficies.

Unas veces se tienden grandes entramados de gruesos maderos cruzados y ensamblados, formando un conjunto sólido é

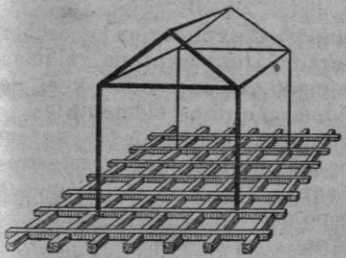


FIG. 1.ª

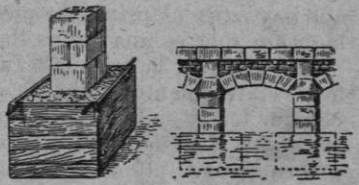


FIG. 2.ª

invariable, sobre el cual se edifican los muros (fig. 1.ª); otras veces son grandes cajas hechas de gruesos tablones, las cuales sirven de moldes á sólidas masas de mampostería hidráulica que ocupan á lo largo y á lo ancho superficies mayores que la base de los muros ó pilares que han de descansar sobre ellas (fig. 2.ª).

Una vez bien trabada y endurecida esa mampostería, pueden desarmarse los moldes ó cajas que sirvieron para construirla, y utilizárselos en otras obras semejantes; procedimiento muy generalmente seguido en la cimentación de los pilares de los puentes.

(*) Por estar situadas en lagos, siendo *lacustre* voz latina derivada de la que en el mismo idioma significa *lago*.

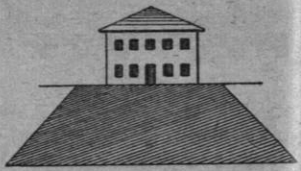
UNED

CAPÍTULO XI

La cuña, el plano inclinado y el tornillo.—Fabricación de las partes subterráneas de un edificio.

Demostró Don Juan á sus alumnos, al explicarles los dichos sistemas de establecer cimientos artificiales, la íntima relación que hay entre el principio mecánico en que se fundan y el de la *cuña*, que es una de las llamadas máquinas elementales.

En la cuña, la presión ó fuerza que se hace sobre la superficie relativamente ancha de su cabeza, se transmite á la estrecha que forma su filo, facilitando así la penetración de ella en el cuerpo contra que se aplica; mientras que en el caso de que se trata, la presión ejercida sobre el cimiento por la base relativamente estrecha del muro, se reparte sobre la ancha superficie del cimiento, aligerándose así el peso que gravita sobre cada uno de sus puntos como en la figura se indica.



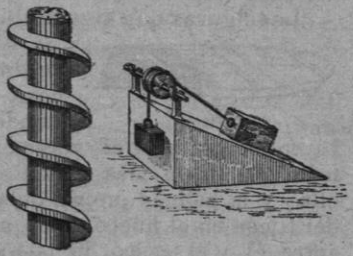
Un cimiento de esa clase es sencillamente una cuña puesta al revés para dificultar la penetración del edificio en el terreno, lo que sería su hundimiento y su ruina.

Al tendernos en el suelo para sostenernos cuando nos sentimos hundir en un terreno blando y fangoso, utilizamos por instinto el principio de

la cuña, en forma análoga á la empleada en los sistemas de cimentaciones artificiales arriba dichos.

Al tratar de la *cuña* se extendió Don Juan sobre algunas de sus innumerables aplicaciones, haciendo ver, además, que tanto ella como las otras máquinas, también elementales, llamadas *plano inclinado* y *tornillo,* conocidas desde los más remotos tiempos anteriores á toda memoria de hombres, no son, en substancia, sino formas diversas de una misma cosa; porque las caras de la *cuña* son verdaderos *planos inclinados,* sobre los cuales, la resistencia que opone el cuerpo en que se introduce á dejarse penetrar por ella, hace las veces del peso del cuerpo, que, arrastrado por el plano inclinado arriba, se opone á su ascenso; y el tornillo no es, asimismo, sino un plano inclinado envuelto en espiral ó en hélice alrededor de un alma ó núcleo (*).

Las adjuntas figuras dicen mejor que ninguna definición lo que son un *plano inclinado* y un tornillo. Como se ve, sólo difiere el primero de la *cuña* en el objeto á que se aplica la fuerza motora, que en el plano inclinado suele ser el peso que trata de elevarse, y en la cuña, la cuña misma. Las fuerzas y resistencias son, con todo, idénticas en uno y otro caso; pudiéndose producir el mismo efecto en la cuña oprimiendo contra ella el cuerpo contra el



(*) Estas tres figuras indican diferentes aplicaciones de la cuña. En la primera de ellas se la representa prensando un fardo; en la segunda, hendiendo un tronco; y en la tercera, levantando un peso.

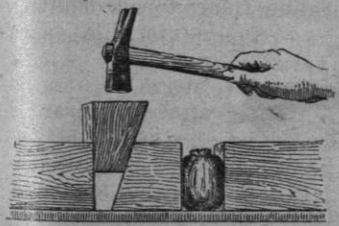


Fig. 1.ª

Fig. 2.ª

Fig. 3.ª

UNED

cual se la aplica, ó haciendo que en el plano inclinado sea éste el que se mueva y no el cuerpo que ha de elevarse, como se hace cuando se levanta un peso por medio de cuñas. *(Véase la nota de la página anterior.)* El tornillo representado tiene el filete de sección rectangular, pues los hay de sección triangular, cuadrada y de otras figuras. Todos ellos funcionan por iguales principios que la cuña y el plano inclinado, pudiendo hacerse que se mueva el tornillo ó que estándose quieto sea la tuerca la que se mueva, con idéntico efecto en uno y otro caso.

En ese mismo principio de la *cuña,* que es idéntico, como va dicho, al del *plano inclinado* y el *tornillo,* se fundan los clavos, cuchillos, hachas, cinceles y todos los instrumentos cortantes y punzantes, los remos y las hélices que propelen los barcos, el *tajamar,* figura cortante que se da á la proa de las embarcaciones para que corten el agua y les sea posible avanzar y ser dirigidas, y hasta los movimientos que hace el nadador para empujarse adelante en el agua.

Las figuras que siguen ilustran el punto de que se trata.

Fig. 1.ª

La 1.ª representa un bote, mostrando el *tajamar* ó filo cortante de la proa, que, como se ve, tiene figura de cuña para hender el agua. La 2.ª, la popa de un barco, en que pueden verse el timón, que es lo más saliente de ella, y la hélice, que va delante del timón en el hueco que queda entre él y el casco de la nave. Las superficies de las aletas de la hélice, como más claramente se indica en la figura auxiliar en que está representado aparte ese órgano, tienen forma de filetes de tornillo, para que, haciendo fuerza contra el agua al girar el eje de la hélice, como lo hace movido por la máquina de vapor que va en el interior del barco, impelan avante la nave. Las figuras 3.ª y 4.ª indican el procedimiento que se sigue

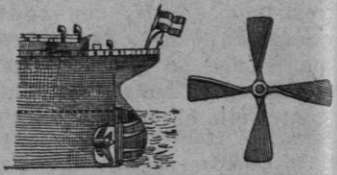


Fig. 2.ª

Fig. 3.ª

para navegar á remo. Los remos funcionan como verdaderas cuñas, hiriendo al agua de filo en todos los movimientos que no favorecen la propulsión del barco, como sucede cuando los remeros los sacan al aire, y, por el contrario, hieren al agua de plano y hacen fuerza contra ella en todos los movimientos que tienden á impeler avante la embarcación; procedimiento idéntico al que emplea el nadador poniendo de canto ó de plano las palmas de las manos en el agua, según le convenga para sus movimientos.

Fig. 4.ª

Tratando de la materia, presencié una conversación entre el hijo de Don Joaquín y Fernandito, que me demostró la agudeza del último y lo bien que aprovechaba las enseñanzas que recibía.

—¿Qué intervención encuentras tú que tiene el principio en que se funda la cuña en el disparo de las armas de fuego?—le preguntó Joaquinito.

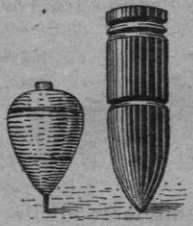
—Yo encuentro que no sólo por uno, sino por varios conceptos, hay relación entre lo uno y lo otro—le contestó Fernandito—. En primer lugar—prosiguió diciendo—, la figura puntiaguda que se da hoy á la bala hace de ella una verdadera cuña, que le permite hender el aire más fácilmente que siendo redonda, con gran ventaja de su velocidad y de su alcance. En segundo lugar, la bala, obligada á marchar por las rayas del ánima, funciona como un tornillo en que el ánima juega el papel de tuerca, y ya sabes la estrecha relación que hay entre el principio del tornillo y el de la cuña.

Aquí le interrumpí yo para rogarle que me aclarase sus palabras, fingiendo que no las había entendido.

—Cuando la bala es redonda—me dijo—, nada importa que el ánima, ó sea el hueco interior del cañón, sea liso, por ser indiferente la posición en que salga despedida la bala; pero cuando la bala es puntiaguda, hay que hacerla salir de punta y conservar esa posición en el aire durante su trayecto. La resolución de ese problema se ha logrado rayando el ánima como la hem-

UNED

bra de un tornillo de paso muy largo, y dotando á la bala, bien de unas partes salientes que entren en las rayas, bien de una camisa de metal blando que se embuta en ellas, para obligarla á recorrer el ánima, no derecha, sino volteando alrededor de su propio eje; movimiento de rotación que conserva durante todo su trayecto por el aire, y que le da la misma estabilidad en su movimiento que la del trompo manteniéndose de punta en el suelo por el rápido movimiento de rotación que se le ha impreso al lanzarlo (*).



—Te he comprendido—le dije—. Ahora sigue tu explicación.

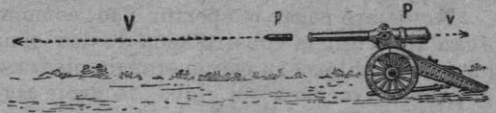
—Pues otra relación más encuentro que hay entre el principio de la cuña y el disparo de un arma de fuego—continuó diciendo—, porque un fusil es, en el momento de dispararse, una verdadera cuña invertida, cuya parte ancha está representada por la culata. Si la culata fuese puntiaguda como la bala, el daño que recibiría el tirador pudiera ser gravísimo, porque la *cantidad de movimiento* hacia atrás del fusil ó del cañón al dispararse, es exactamente igual á la que posee hacia adelante la bala al salir despedida por el disparo; pero gracias á la extensa superficie en que la culata del fusil se apoya en el hombro del tirador *(superficie representada por la línea* ab *en nuestra figura)*, la violencia del retroceso del arma se reparte sobre muchos puntos y el tirador no recibe daño. Lo contrario precisamente ha de procurar el que se tira al agua desde un lugar alto: estirar los brazos hacia arriba y de cabeza para hender el agua, como

(*) La bala y el trompo representados en el grabado, se mantienen derechos en virtud del rápido movimiento de rotación de que se les supone animados en torno de sus ejes.

una cuña; porque si en lugar de caer en ella de ese modo cayese de pecho ó de espaldas, recibiría un golpe terrible que podría costarle la vida.

—¿Y qué es eso de *cantidad de movimiento* que te oí decir antes al hablar del disparo de un arma de fuego?—le pregunté.

—*Cantidad de movimiento* se llama en Mecánica—me contestó—al producto de la masa de un cuerpo en movimiento por la velocidad de que está animado. En virtud de un principio muy conocido, al dispararse un arma de fuego ó cualquiera máquina de lanzar proyectiles, recibe tal impulso de retroceso, que el producto de su masa,



ó sea de su peso (*), por la velocidad de su movimiento hacia atrás, esto es, por la distancia que ande hacia atrás en un segundo, es precisamente igual al producto del peso de la bala por su velocidad hacia adelante (**). Por eso la velocidad de avance de la bala es tanto más grande que la de recule del cañón, cuanto menor es el peso de la bala que el del cañón.

Pero seguiré mi interrumpido relato diciendo que después de apisonar perfectamente el fondo de la zanja que habían abierto para fundar los cimientos, la rellenaron los muchachos de gruesas piedras muy bien colocadas y fuertemente trabadas entre sí por mortero hidráulico hecho de cal, arena y ladrillo molido, hasta poner la construcción á flor de tierra.

Su primera intención fué henchir la zanja con piedras como buenamente cayeran: «á piedra perdida», como se dice, so pretexto de que esa parte subterránea de la edificación no habría de verse. Hízoles comprender Don Juan la necesidad de construir las partes subterráneas de un edificio con tanta ó mayor escrupulosidad que las que han de verse, por ser las que mayores pesos soportan y las de cuya solidez y firmeza depende la seguridad y estabilidad de toda la fábrica; lo que explica que suelan ser más largas y costosas las cimentaciones y obras subterráneas de los grandes edificios que las exteriores.

(*) *Peso* y *masa* no son precisamente lo mismo, pero están siempre en proporción entre sí.

(**) Lo cual se expresa matemáticamente, llamando v y V, P y p, á las velocidades y pesos del cañón y de la bala (como en la figura se indica): $V \times v = p \times P$.

UNED

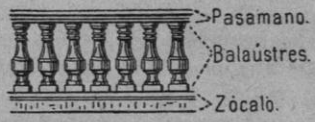
CAPÍTULO XII

Las piedras de construcción.

No dejaré pasar la oportunidad, como no la dejó pasar Don Juan al dirigir la construcción de los cimientos y la de la zapata de ladrillos con cantoneras de piedra en que se sustentaba el pabellón ó casita del globo, de decir algunas palabras (aunque, sin duda, muchas menos de las que él dijo) sobre las piedras en general y sus usos y aplicaciones y modo de labrarlas, deteniéndome más particularmente en las que se emplean en la construcción; sobre la arquitectura, la escultura, la fabricación de la cal, yeso, ladrillos, adobes, porcelana, vidrio y demás cosas que se hacen de barro ó de arena; sobre la de morteros, tanto comunes como hidráulicos, y sobre otras varias materias relacionadas más ó menos directamente con el arte de construir.

Comenzaré, pues, diciendo que son muchísimas las clases de piedras que se emplean en las construcciones; pero, en general, las piedras destinadas á edificios grandes, monumentales y suntuosos, tienen que ser fuertes, duraderas y resistentes á la acción destructora del aire, de las aguas y de las heladas.

Además, todas las de esas piedras de que hayan de fabricarse columnas, escaleras, balaustradas, bajo-relieves, estatuas, esculturas y otros tales miembros arquitectónicos (como los que en los siguientes grabados se representan), deben ser de grano fino, compactas y susceptibles de recibir pulimento.



Balaustrada.

Bajo-relieve románico.

Capitel de columna.

Balaustrada ó baranda rodeando una azotea.

Ara ó altar antiguo adornado de bajo-relieves.

Busto.

Bajo-relieve griego.

Las piedras silíceas, como el pedernal, el cuarzo y otras que dan chispas al choque de unas con otras ó heridas por el eslabón, aunque pueden fundirse por la acción del calor, requieren para ello altísimas temperaturas, que sólo pueden obtenerse expresamente en los laboratorios; pero las calcáreas ó calizas empleadas en las construcciones (entre las cuales se cuentan el mármol y el alabastro) se convierten en cal cuando se las quema.

Se cree generalmente que todas las piedras compactas y de grano fino resisten mejor á las heladas que las porosas y permeables; pero el no padecer alteración por las heladas algunas piedras calizas tan porosas que sirven para hacer filtros, y el

UNED

rajarse y romperse otras tan duras y compactas que se asemejan al vidrio en la contextura, desacredita esa opinión.

De pedernal y de otras piedras durísimas fabricaban los

Hachas, instrumentos y puntas de lanza y de flecha de piedra.

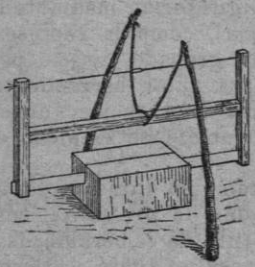
hombres que no conocían el uso de los metales (y fabrican todavía los que se encuentran en el mismo caso), hachas, cuchillos, cinceles, agujas, anzuelos y muchos otros instrumentos, que por hacerse de hierro generalmente entre nosotros llamamos *herramientas*. El grabado anterior representa algunos de esos instrumentos de piedra.

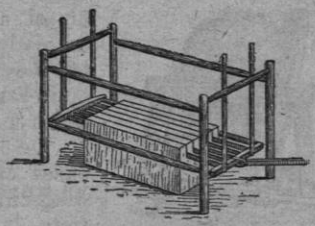
Los mineralogistas y los geólogos clasifican de diversas maneras á las piedras; pero los constructores usan otra nomenclatura, y fuera de los granitos y de los verdaderos mármoles y de otras varias piedras susceptibles de hermoso pulimento, á que también llaman, aunque impropiamente, mármoles, las demás piedras son todas para ellos *duras* ó *blandas*, prescindiendo de su composición química y de otras cualidades que posean.

Esas piedras que ellos llaman *duras* nunca lo son tanto, sin embargo, como los mármoles y los granitos. Ni estos últimos ni las dichas piedras duras se dejan aserrar por la sierra dentada común, sino por la que trabaja con ayuda de agua y esmeril y que carece de dientes. Y en cuanto á los basaltos, pórfidos, jaspes y otras tales piedras, es tal su dureza, que exigen herramientas, máquinas y procedimientos muy largos y muy costosos para ser cortadas, labradas y pulimentadas, cayendo el arte de trabajarlas más bajo el dominio del lapidario que del cantero.

Las figuras adjuntas dan idea de la operación de aserrar piedra. La primera representa una sierra sencilla ó de una hoja; la segunda, una de varias hojas para obtener de una sola

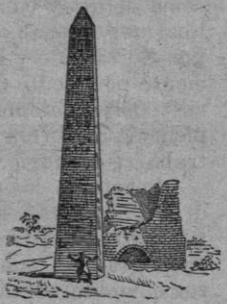
vez varias tablas. Las de esta última clase, y también las sencillas, son movidas muchas veces por agua ó vapor. Para aserrar





piedras blandas se usan sierras de dientes, y para mármoles, granitos y otra piedras duras, sierras lisas que trabajan con agua y esmeril.

De estas últimas durísimas piedras, con todo, hicieron los antiguos egipcios y los romanos, no sólo estatuas, sarcófagos y muchos ornamentos de sus edificios y monumentos, sino enormes columnas monolitas, ó sea de una sola pieza, cómo las de cuarenta pies de altura que todavía se conservan en la famosa iglesia de Santa Sofía, de Constantinopla, convertida desde hace cuatro siglos y medio en mezquita musulmana, y como muchas otras que, ya íntegras, ya en fragmentos, se ven en Roma, Venecia, Pisa y otras ciudades de Italia y de otras comarcas de Europa, Asia y Africa.



Obelisco llamado *Aguja de Cleopatra* (*).

De nuestro tiempo son (pues comparado con el remoto de egipcios, griegos y romanos, bien puede llamarse nuestro al de Felipe II) las soberbias columnas de jaspe del retablo mayor del Escorial, que tardó siete años en labrar Jacometrezo (**).

(*) Este grabado representa una de las llamadas *Agujas de Cleopatra*, obeliscos egipcios de una sola pieza, de los cuales el compañero (pues había dos) fué transportado hace muchos siglos á Roma y se alza en una de sus plazas. Otro semejante, también egipcio, se levanta en una de las plazas de París adonde fué transportado con gran trabajo en los primeros años del siglo XIX.

(**) Jacometrezo fué un celebérrimo artista milanés á quien el rey Felipe II trajo para trabajar en las obras del Escorial. En su lengua se llamaba Giacomo de Trezzo.

UNED

empleando sierras, tornos y máquinas muy ingeniosas inventadas por él mismo para el caso.

De piedras duras se hacen las giratorias mediante la acción de un pedal, como la representada en el adjunto grabado, usada por los amoladores para afilar herramientas, y las movidas por fuerzas mecánicas que con el mismo objeto se emplean en los talleres.

De otras también duras, y por su escasez calificadas de *preciosas,* como el diamante, el rubí, la esmeralda, la amatista, la turquesa, el ágata, la cornerina y varias otras, se hacen objetos artísticos como sellos y camafeos ó se las engarza en oro y plata en relicarios, coronas, sortijas y otras tales alhajas. Su tallado y labrado se hace muy difícilmente por medio de ruedas giratorias, esmeril y polvo obtenido triturando esas mismas piedras, en forma análoga á la empleada para trabajar el vidrio.

Camafeo antiguo.

Aparte de los mármoles, hay varias piedras calizas tan adecuadas por su tenacidad y resistencia para la construcción de muros, pilares, arcos y otros grandes miembros arquitectónicos, como para la de estatuas, molduras, medallones, grecas y las más delicadas menudencias de escultura y tallado, por poseer muchas de esas piedras la preciosa propiedad de ser blandas como jabón recién sacadas de la cantera y volverse durísimas con el curso del tiempo. De una piedra caliza de esa clase son casi todas las iglesias, palacios y monumentos de Salamanca.

UNED

CAPÍTULO XIII

Las canteras.—La famosa piedra de Balbek.—Catacumbas.—Molinetes. Ruedas de clavijas.—La pizarra, la mica y el talco.

Explótanse las canteras comenzando por arrancar grandes trozos de piedra por medio de *picos* (fig. 1.ª), de *barretas* (figura 2.ª), de *pies de cabra,* que son barretas con las uñas curvas y

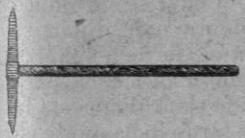


FIG. 1.ª

FIG. 5.ª

FIG. 2.ª

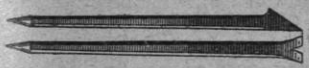


FIG. 3.ª

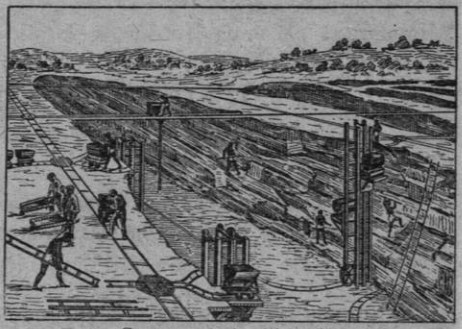
FIG. 4.ª

FIG. 6.ª

partidas (fig. 3.ª), de *almadenas* (fig. 4.ª), de *cuñas* y *martillos* de hierro y acero (figs. 5.ª y 6.ª), y hasta de cuñas de madera, que se introducen á fuerza de martillo en las junturas ó divisiones que hay entre los lechos de piedra, y se mojan después, para que al hincharse los hagan desprenderse unos de otros; no estando de más advertir que la piedra caliza, que es la más gene-

UNED

ralmente empleada en la construcción, suele hallarse formando capas ó *estratificaciones*, cuyo espesor marca y determina el que puede darse á los sillares.



Cantera al aire libre (*).

Para arrancar grandes trozos de piedra de las canteras, se emplean también los barrenos de pólvora y de dinamita. Un barreno se reduce á un agujero redondo y de profundidad variable (fig. 1.ª)

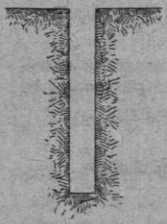


Fig. 1.ª

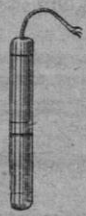


Fig. 2.ª

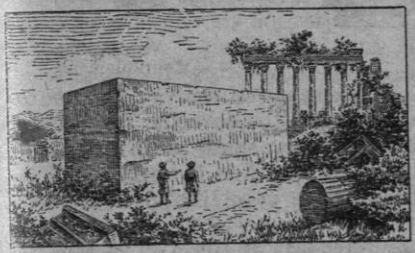
que se practica con la barreta en la masa de la piedra, en el cual se introduce un cartucho de pólvora ó de diñamita largo y estrecho, á modo de longaniza (fig. 2.ª), provisto de una mecha para darle fuego, debiendo estar dispuesta la mecha de modo que tarde lo bastante en arder y comunicar el fuego al cartucho, para dar tiempo de alejarse y ponerse á cubierto al encargado de practicar la operación y demás gente próxima.

Sólo de las piedras de origen *ígneo*, esto es, producidas por la acción de la altísima temperatura á que se cree que estuvo sometida en tiempo remotísimo la corteza de la Tierra (y que suponen muchos que reina actualmente en su región central), como los pórfidos, granitos y otras semejantes, y no como las calizas, que se formaron bajo el agua ó por la aglomeración sucesiva de los sedimentos de ella, pueden sacarse piezas enteras de gran tamaño, como esas columnas, arquitrabes, obeliscos, estatuas y sillares enormes que se ven en las ruinas de los templos y otros monumentos egipcios, romanos y de otros pueblos anti-

(*) Representa la figura una cantera al aire libre, en la que pueden verse las líneas de separación entre los lechos ó estratificaciones de la piedra.

guos, pues de las piedras calizas, sin exceptuar los mármoles, sólo sillares y piezas de mediano tamaño pueden obtenerse.

Entre las enormes columnas, arquitrabes y otras piezas que se ven en las ruinas de Balbek, antigua ciudad del Asia Menor, llamada también Heliópolis ó *Ciudad del Sol* (que es lo que esos nombres significan), es célebre un sillar de 20 metros de largo por 5 de ancho y otros 5 de alto, que formó parte del templo de Júpiter, cuyas enormes columnas, arquitrabes y otras piedras, enhiestas unas y tendidas otras, se ven allí inmediatas.

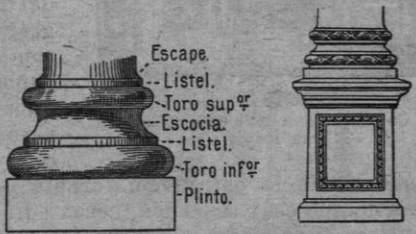


Famosa piedra de Balbek llamada Hadcher-al-Kibla ó *Piedra del Mediodía.*

Columnas: 1, abalaustrada; 2, compuesta; 3, espiral ó salomónica; 4, dórica; 5, jónica; 6, corintia; 7, toscana.

Se ha calculado que para mover ese sillar se necesitaría una máquina de veinte mil caballos de fuerza, ó el esfuerzo simultáneo de cuarenta mil hombres.

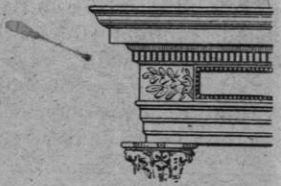
No seguiremos adelante sin decir que la columna es un importantísimo miembro de la arquitectura, cuyo objeto es servir de soporte, aunque á veces se la emplea aislada á modo de *obelisco,* constituyendo ella sola el monumento entero. Cuando es completa se compone del *fuste ó caña,* que termina por arriba en el *capitel* y por abajo en la *basa* ó en el *pedestal,* los cuales, así como la columna entera, pueden revestir multitud de formas más ó menos complicadas.



Basa ó pedestal.

Sobre el capitel de la columna descansa una piedra llamada *abaco,* y sobre éste un extremo del *arquitrabe,* piedra cuadri-

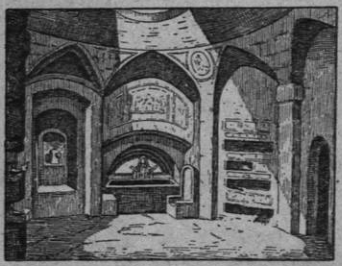
Capiteles.



Arquitrabe y entablamento.

longa de gran tamaño, cuyo otro extremo se apoya en el *abaco* de la columna inmediata. La figura de la derecha representa uno de los extremos del *arquitrabe* descansando en la columna.

Algunas veces se hallan las canteras á flor de tierra (como la representada en la primera figura de la pág. 102), pero muchas otras yacen bajo capas muy gruesas de ella ó en el seno de montañas, habiendo que practicar hondas excavaciones, largas galerías de mina y otros trabajos subterráneos para explotarlas; siendo por eso muy común que debajo del suelo, ó del de las cercanías de algunas grandes ciudades que acertaron á fundarse sobre grandes bancos de piedra ó cerca de ellos, haya profundísimas cavernas formando interminables y entrecruzadas galerías, resultado de la extracción durante muchos siglos de las piedras de que esas ciudades fueron edificadas.



Capilla en una de la catacumbas de Roma.

Hay muchísimas ciudades famosas por la grandeza de sus *catacumbas,* nombre con que suelen ser conocidas tales canteras subterráneas. Las de Roma son celebérrimas por haber servido de refugio á los cristianos en los tiempos de las persecuciones. En ellas se juntaban á rezar y á celebrar las cere-

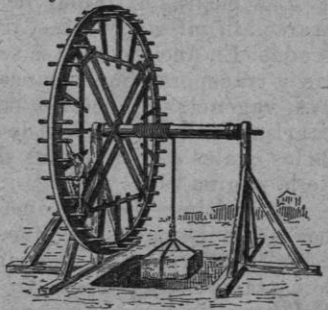
monias del culto, viéndose allí miles y miles de sus sepulcros, entre los que hay no pocos de mártires, de santos y de pontífices. Por eso son hoy lugares sagrados. Sus galerías son tan largas y están tan entrelazadas, que forman verdaderos laberintos en que es facilísimo perderse, y donde han desaparecido para siempre algunos que temerariamente se internaron en sus profundidades. Para evitar la repetición de tales desgracias, tienen hoy tapiadas muchas de ellas sus galerías.

También son bastante conocidas las catacumbas de París, que prolongan sus galerías hasta por debajo de los barrios más importantes de la ciudad. Muchos de sus principales edificios y monumentos están sobre abismos. Los huesos de muchísimas generaciones de parisienses, extraídos en nuestro tiempo de los antiguos cementerios y trasladados allí, se ven simétricamente colocados á lo largo de las galerías, arrimados á sus muros y bóvedas, formando figuras caprichosas.

También son muy famosas las canteras subterráneas de Maestricht, en Flandes, que se extienden sobre una superficie de ocho leguas cuadradas y tienen como diez y seis mil galerías de 20 á 50 pies de alto y 12 de ancho, que se cruzan casi todas á escuadra y llevan de trecho en trecho gruesos pilares dejados á propósito para sostener las tierras. Esas canteras, explotadas ya por los antiguos romanos, son hoy objeto de la curiosidad de los viajeros; pero es muy peligroso visitarlas sin guía, por la facilidad de extraviarse y no dar con la salida. Algunos viajeros han pagado con la vida su imprudencia.

Ni de esas canteras ni de las catacumbas de Roma se sabe el término, pues nadie las ha explorado hasta el fondo.

Tanto las galerías subterráneas de las canteras, como las de las minas, cloacas y otras obras semejantes, se comunican con la superficie de la tierra por pozos abiertos en su misma boca, y á veces de trecho en trecho á lo largo de ellas, para ventilarlas y para abreviar la extracción de los materiales; operación que se hace muy de ordinario mediante tornos ó moline-

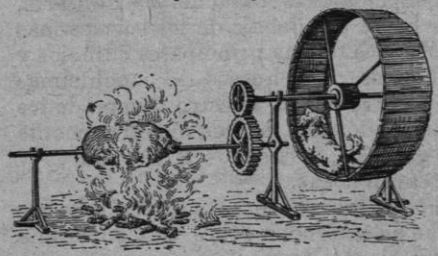


Rueda de clavijas.

UNED

tes movidos por vapor, á brazo ó por grandes ruedas que giran obligadas por el peso de los hombres que se encaraman por las clavijas de que para ese objeto están armadas en su contorno. Esos molinetes movidos por ruedas de clavijas se aplican también á otros muchos trabajos; entre ellos, y en Italia muy generalmente, al de elevar los sillares y otros pesos desde el suelo hasta los andamios de los edificios en construcción.

Ruedas muy semejantes á ésas, pero movidas por perros y no por hombres, se usan en muchas partes para hacer dar vueltas á los asadores en las cocinas. Ese trabajo no es muy del gusto de los perros, contándose á propósito del asunto que en una iglesia de cierta ciudad de Inglaterra donde está muy en uso tal sistema de asadores, habiendo dicho varias veces la palabra *rueda*, refiriéndose á cierto pasaje de Ecequiel, el predicador que estaba en el púlpito, provocó un alboroto mayúsculo entre los varios perros que estaban en la iglesia, según costumbre, acompañando á sus amos.



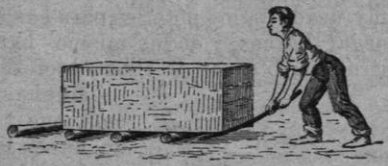
Asador movido por un perro.

Las piedras extraídas de la cantera suelen unas veces labrarse allí mismo, y otras, transportarse adonde han de ser labradas. En uno ú otro caso se emplean para moverlas, levantarlas y transportarlas, palancas, cuñas, rodillos, carretillas, zoras, vagonetas que corren por ferrocarriles fijos ó portátiles, cabrias y mil otros medios de que la industria dispone, á algunos de los cuales se refieren los siguientes grabados y el de la nota de la página 91.

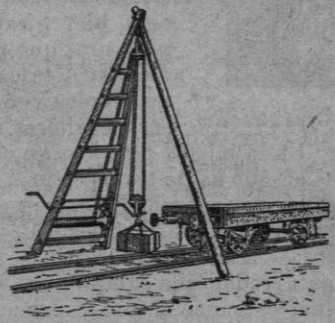
Ese último indica cómo se levanta del suelo una piedra por medio de cuñas y polines. Lo primero que se hace es aplicarle cuñas y hacerlas entrar á mano hasta levantar la piedra lo bastante para que quepan entre ella y el suelo los polines. Polines son unas piezas ó zoquetes de madera de sección cuadrada ó cuadrilonga y lo bastante largos para que, descansando sobre ellos la piedra ó el objeto, cualquiera que sea, que quiera levantarse, sobresalgan algo por fuera de él por uno

y otro lado. Ya descansando la piedra sobre los polines, se vuelven á introducir cuñas entre ellos y la piedra hasta levantarla lo bastante para que quepan otros polines entre los primeros y la superficie inferior de la piedra, repitiéndose la operación hasta levantar la piedra á la altura que se quiera.

Cuando los polines son redondos se llaman rodillos ó rolletes, y sirven para transportar el objeto que soportan, en la forma que esta otra figura manifiesta. A medida que va avanzando el objeto, se le van colocando rolletes delante para que descanse siempre sobre ellos, sin llegar nunca á tocar al suelo. Es un procedimiento muy primitivo, pero muy ingenioso, de trasladar grandes pesos, que indudablemente dió origen á la invención de las ruedas, que no son sino polines fijos al objeto que hay que trasladar y de tal manera dispuestos que puedan rodar sin separarse de él.



En la misma figura se ve cómo se utiliza la palanca para empujar la piedra, y en esta otra cómo se ha perfeccionado el procedimiento dotando á la palanca de uñas y de ruedas, y constituyendo la utilísima máquina que se representa, muy usada para transportar pesos á cortas distancias. Sobre la palanca se hablará algo más en otro capítulo de este libro al mismo tiempo que se trate de las otras máquinas llamadas simples ó elementales.



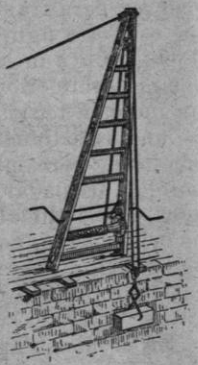
Cabria de peón.

Levantar piedras y otros objetos pesados á grandes alturas por medio de cuñas y polines sería muy largo y trabajoso. En tales casos se emplean máquinas más complicadas, como, por ejem-

UNED

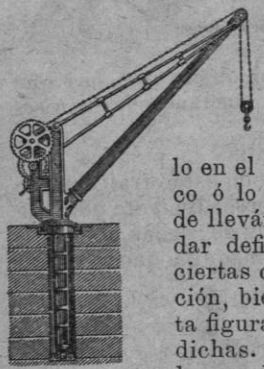
plo, la representada en esta otra figura, y que se conoce con el nombre de *cabria,* en la cual se utilizan para el objeto dicho la *polea* ó *garrucha* y el *torno* ó *molinete,* máquinas comprendidas también en la clase de las simples ó elementales de que trataremos más adelante, como va dicho.

La cabria representada en la anterior figura se apoya en un largo palo llamado *peón;* pero cuando la disposición del lugar no permite el empleo de ese apéndice, como sucede en el caso que esta otra figura indica, se sostiene la cabria por medio de una ó varias cuerdas, llamadas *vientos,* sistema muy usado en los muelles para cargar y descargar barcos, y en los mismos barcos para introducir ó sacar de ellos objetos pesados.



Cabria de vientos.

Muchas veces conviene, después de haber levantado un peso por medio de la cabria, trasladarlo una corta distancia para colocarlo en el vehículo (carro, barco ó lo que sea) que haya de llevárselo, ó en el punto en que haya de quedar definitivamente. Empléanse para el caso ciertas cabrias con movimiento bien de traslación, bien giratorio, como la representada en esta figura, que pertenece á la clase última de las dichas. A tales cabrias se las llama *grúas,* y se las emplea con gran frecuencia en los muelles, en los talleres mecánicos y en las edificaciones.

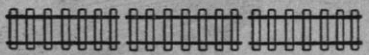


Grúa giratoria.

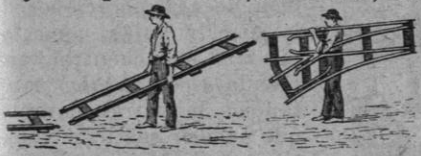
En la misma figura se ve el carro fuerte rodante sobre carriles en que ha de transportarse la piedra que la cabria está levantando. A tales carros, cuando están destinados á rodar por caminos ordinarios, como el que la primera de estas dos figuras representa, se les conoce por el nombre de *zorras,* y cuando han de rodar sobre rieles ó carriles de hierro, como el representado en la ser

Zorra y vagoneta.

gunda, *vagonetas,* diminutivo de *vagón,* nombre tomado de la lengua inglesa *(wagon),* que lo emplea para designar carros comunes destinados á grandes pesos. Los *carriles* tienen por objeto facilitar los transportes suavizando el rozamiento de las ruedas sobre el suelo. Cuando los carriles están fijos en el suelo descansando sobre polines ó traviesas, como en esta figura se indica, constituyen lo que se llama *ferrocarril, vía férrea* ó camino de hierro ordinario, y cuando son de quita y pon y fácilmente transportables para emplearlos donde hagan falta momentáneamente, como el de que dan idea estas otras dos figuras, forman lo que se llama un ferrocarril portátil, invención muy moderna y utilísima, no sólo para las tareas de cantera de que estamos tratando, sino para mil otras industriales y agrícolas.



Ferrocarril fijo.



Ferrocarril portátil.

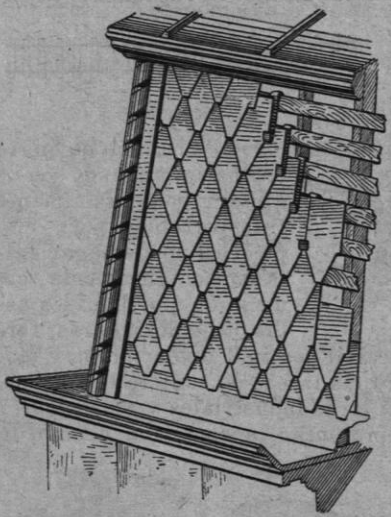
Estas otras dos figuras representan la carretilla común de una sola rueda y el volquete ó vagoneta giratoria, aparatos ambos de muchísimas aplicaciones al transporte de materiales menudos, no sólo en canteras, sino en minas, construcción de caminos y de edificios, y en infinitos otros casos.

Otras piedras de construcción, aunque de uso limitado casi exclusivamente á la de techos y suelos, son las pizarras. Extráeselas también de canteras, donde se encuentran en masas formadas por aglomeraciones de hojas ó láminas que se despegan fácilmente. Lo mismo que muchas piedras calizas, son más blandas y fáciles de trabajar cuando están recién sacadas de la cantera, que después de llevar algún tiempo al aire.

El siguiente grabado representa una de las formas en que se disponen las hojas de pizarra para cubrir techos, que es la aplicación más común que suele dárseles. No todas las pizarras,

UNED

sin embargo, sirven para techos, pues las hay porosas y permeables, que se desmenuzan con las heladas. Conviene, pues, asegurarse á tiempo de que no absorben el agua, comparando su peso después de algunos días de sumergidas en ella con el que antes tenían; prueba á que también deben someterse las piedras de construcción cuyas cualidades se ignoran.

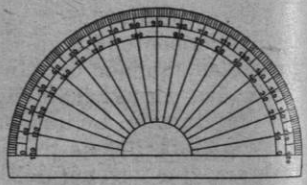


Techo de pizarra.

En masas formadas también de aglomeraciones de láminas ú hojas, como las pizarras, se encuentran también la *mica* y el *talco*, substancias muy transparentes que pueden sustituir y sustituyen al vidrio en algunas de sus aplicaciones, teniendo sobre él la ventaja de no romperse por los choques con otros cuerpos, ni fundirse por la acción del calor, ni rajarse por los cambios bruscos de temperatura.

La mica suele hallarse diseminada en pequeñas laminillas ó pajuelas en la masa de muchas rocas. A la presencia de tales laminillas de mica se deben esos puntos brillantes que se observan en la masa del granito.

De mica y de talco se revisten hojas, linternas y ventanas y esas á modo de ventanas ó mirillas que suelen llevar las estufas. De talco se hacen también esos semicírculos transparentes y graduados llamados *transportadores de ángulos*, ó más brevemente *transportadores*, de que suelen ir provistos los estuches de dibujo ó cajas de compases. Como su mismo nombre lo está diciendo, sirven para copiar ó *transportar* ángulos. Angulo, como ya se ha dicho, es



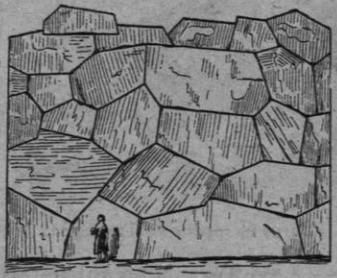
Transportador de talco.

el espacio comprendido entre dos líneas rectas que se cortan, y se miden por el arco de círculo que se encierra entre ellas, el cual se entiende trazado con el compás haciendo centro en el punto en que se encuentran. Para transportar un ángulo se coloca encima de él el transportador, de modo que el centro de éste coincida con el de encuentro de las líneas que lo forman, ó sea con el *vértice* del ángulo, y la línea que en el transportador indica el grado *cero* con una de las dos que forman el ángulo. Se mira á qué grado del transportador corresponde la otra, y ya sabido, se lleva el transportador al papel en que ha de dibujarse el ángulo y se marcan sobre éste el vértice y los puntos extremos de los lados, los cuales se trazan después con la regla.

CAPÍTULO XIV

Aparejos de piedras y modos de construir.

Las piedras se emplean de muy varias maneras en las construcciones. Unas veces se las deja sin labrar, tal como se encuentran ó como aciertan á salir de la cantera; otras se las labra muy ligeramente, limitándose á allanarles, ó no más que á desbastarles, las caras que la Naturaleza ó la casualidad les hayan dado, procurando, al colocarlas, que asienten y se ajusten entre sí. De uno y otro modo se fabrican muros fortísimos y de duración indefinida, en los cuales, cuando las piedras son de gran tamaño, puede hasta prescindirse de argamasa ó mortero, como sucede en las construcciones llamadas *ciclópeas*, de las que hay muchos ejemplos en Grecia, Sicilia, Italia y España.



Aparejo ciclópeo.

UNED

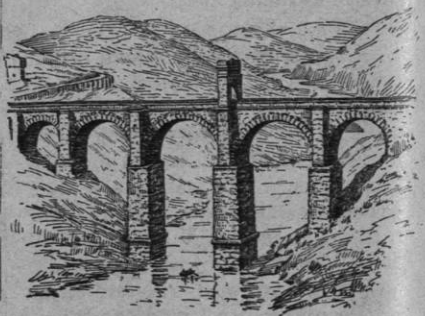
Micenas, ciudad de Grecia, es famosa por lo abundante en ese género de construcciones. Entre ellas son muy conocidas

Tesoro de Atreo en Micenas.

Puerta de los Leones en Micenas.

los edificios en ruinas llamados «Tesoro de Atreo» y «Puerta de los Leones», representados en los adjuntos grabados.

Muros ciclópeos en Tarragona.

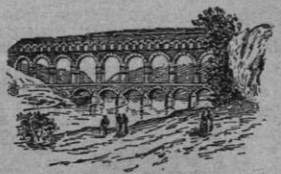


Puente de Alcántara.

En Tarragona subsisten restos de sus primitivos muros, que eran también del mismo estilo ciclópeo. El adjunto grabado representa una parte de ellos.

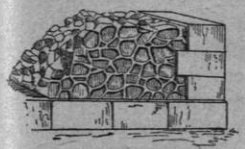
También hay edificaciones de sillares labrados en figuras regulares sin interposición de argamasa. El Acueducto de Sego-

via y el Puente de Alcántara, en España, y el llamado *Puente de Gard,* en el Mediodía de Francia, construídos en tiempo del emperador Trajano, acreditan con sus diez y siete siglos de existencia, y los dos primeros de no interrumpidos servicios, la excelencia de ese sistema de construcción.



Puente de Gard.

Otro procedimiento, que consiste en hacer un conglomerado de piedras pequeñas é irregulares trabadas con argamasa, era también muy usado por los antiguos romanos en construcciones de todas clases y hasta en los muros de ciudades, castillos, templos y palacios, de los que muchísimos subsisten al presente; pero requiere el empleo de los excelentes morteros y hormigones que sabían ellos fabricar, los cuales, al consolidarse y endurecerse, formaban masas duras é inquebrantables como peñas. Hasta bóvedas se hacían con materiales muy menudos trabados con hormigón, entremezclando éste con cadenas de ladrillos puestos á veces de plano. Así están hechas las bóvedas del Coliseo; las del Panteón (llamado hoy Santa María *la Redonda),* que tienen 133 pies de diámetro; las de las Termas de Diocleciano, que tienen 74, y las de muchos otros monumentos magníficos y celebérrimos.

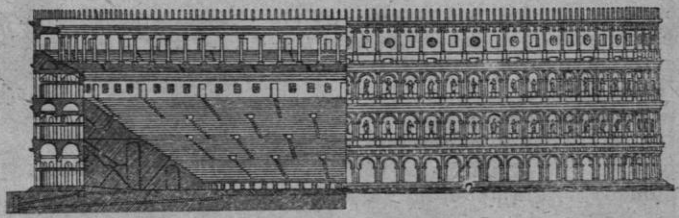


Construcción de pequeñas piedras irregulares.

Los dos grabados siguientes representan dos de los citados edificios. El primero es el *Panteón* ó antiguo templo dedicado á todos los dioses (que es lo que la palabra griega *panteón* significa), hoy iglesia de Santa María *la Redonda* en Roma, y el segundo el *Coliseo,* actualmente y desde hace muchos siglos en ruinas, por haber servido durante muchos cientos de años de cantera para la edificación de muchos edificios modernos de Roma. La mitad de la derecha del grabado lo representa tal como se hallaba en sus buenos tiempos, y la mitad de la izquierda es un corte de él para que

UNED

pueda verse su parte interior y la forma en que estaba construído.



En esa misma manera de construir, así como en la que consiste en amasar y consolidar tierra más ó menos arcillosa á fuerza de pisón, muy usada en algunas comarcas de España y de la América española, se emplean armazones de alfardas revestidas de tablones formando como cajas en que se moldean los muros y que se desarman después de construídos éstos (fig. A).

También la construcción de piedras regulares se hace de muy diversas maneras, según la de colocarlas, y lo mismo pue-

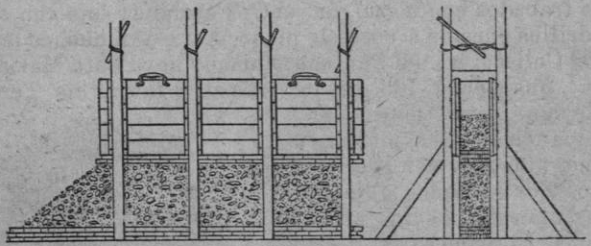


FIG. A.

de decirse de las de ladrillos y adobes. En ellas estaban bastante prácticos los alumnos de Don Juan, por su costumbre de moldear en madera, barro y yeso, pequeños sillares, dovelas, fustes, capiteles y bases de columnas y otras piezas arquitectónicas para construir edificios ó partes de ellos en escala reducida; porque todo eso formaba parte del sistema de educación de Don Juan, en el que se comprendían, como ya he dicho, ciertos trabajos manuales propios para el estudio de la Geometría, de la Arquitectura, de la Escultura y de la Estatuaria.

UNED

Las figuras siguientes nos ahorran palabras para explicar la disposición de los aparejos de piedras. En las cinco primeras, todos los sillares que forman el muro son perfectamente regulares y de figura oblonga. En la sexta está constituído el muro

FIG. 1.ª

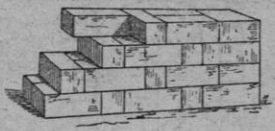


FIG. 2.ª

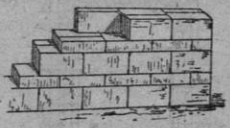


FIG. 3.ª

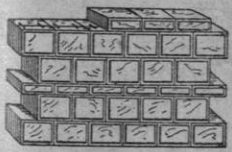


FIG. 4.ª

FIG. 5.ª

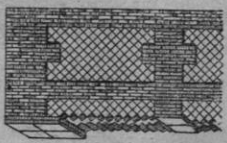


FIG. 6.ª

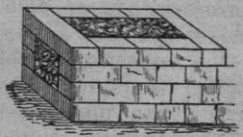


FIG. 7.ª

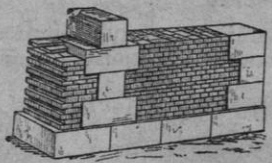


FIG. 8.ª

por cadenas (que así se llaman) de sillares rectangulares ó de ladrillos sosteniendo las piedras pequeñas de figura romboidal, que forman su núcleo, y que por la manera en que están colocadas dan al paramento ó superficie exterior del muro el aspecto de una red; á lo que debe ese aparejo el nombre de *reticular* que lleva. En la figura 7.ª, las cadenas de piedras regulares forman como cajas, las cuales se rellenan de piedrecillas irregulares trabadas entre sí con argamasa. En la 8.ª, las cadenas de sillares cortan á trechos el muro, que está formado, no por piedras me-

UNED

nudas, como en el caso anterior, sino por ladrillos regularmente colocados.

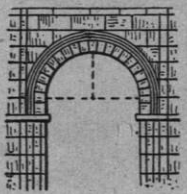


FIG. 1.ª

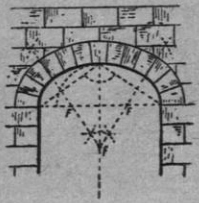


FIG. 2.ª

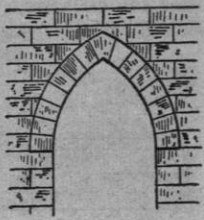


FIG. 3.ª

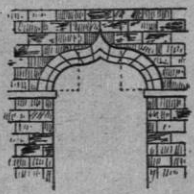


FIG. 4.ª

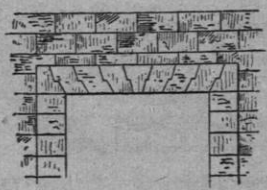


FIG. 5.ª

Estas otras figuras indican la forma en que se colocan las piedras para la construcción de arcos y bóvedas. Como puede observarse, las *dovelas,* que así se llaman las piedras que los forman, tienen figura de cuña para que se sostengan unas á otras y contribuyan con su peso á la estabilidad del conjunto. El arco representado en la figura 1.ª es *peraltado ó sobrealzado;* el de la 2.ª, *rebajado;* el de la 3.ª, apuntado ú *ojival;* el de la 4.ª, *conopial,* y el de la 5.ª, *pla-*

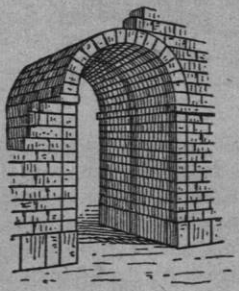


FIG. 6.ª

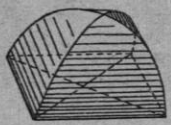


FIG. 7.ª

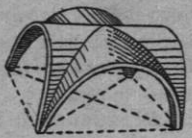


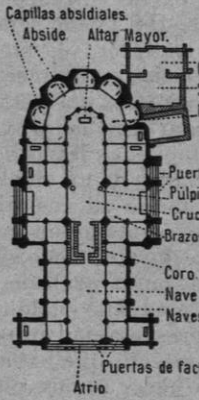
FIG. 8.ª

no. Las figuras 6.ª, 7.ª y 8.ª representan bóvedas, de las cuales la primera de ellas, que es de las llamadas de *medio cañón,* está hecha de *dovelas* ó piedras regulares. Las otras dos, que lo mismo pueden ser de dovelas que de otro material cualquiera, porque en el grabado no se indica, son: la primera de ellas, de la figura llamada *arco de claustro;* y la segunda, de la de *aristas* ó *nervios*.

CAPÍTULO XV

Corte de piedras.

El corte de piedras ó *estereotomía,* que es su nombre científico, es una de las ramas más importantes de la Geometría, y exige gran dominio del dibujo lineal y perfecto conocimiento de la manera de representar los cuerpos sólidos por medio de secciones ó cortes y de proyecciones, única manera gráfica que hay de formarse cabal idea de ellos. Se llama *corte* de un cuerpo por tal ó cual de sus líneas, al aspecto que presentaría la sección que resultase aserrándolo por esa misma línea; y *proyección* de un cuerpo sobre un plano, á la figura resultante de las intersecciones con ese plano de las líneas perpendiculares que se le dirigiesen desde los diversos puntos de dicho cuerpo.



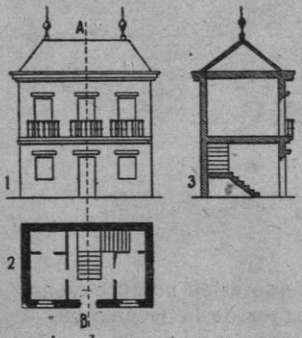
Planta de la catedral de León.

De ninguna manera mejor que por medio de grabados se puede dar idea de lo que es la representación de un cuerpo en proyecciones, cortes y perspectiva.

El grabado anterior es la proyección horizontal de la cate-

UNED

dral de León, uno de los más famosos y notables monumentos de España. Siendo la proyección horizontal de un edificio lo mismo que la *traza* ó la *planta* de ese edificio, deben verse en ella las líneas que marcan en el suelo los asientos de pilares y de los muros. En el grabado á que venimos refiriéndonos, esos asientos ó plantas de los pilares y muros están trazados de negro.



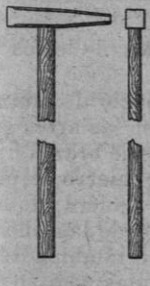
En este otro grabado se representa una casa en proyección horizontal y en corte. El número 1 es la proyección vertical; el 2, la horizontal; y el 3, el corte de la casa por la línea *AB*. Siempre que se representa un cuerpo en corte, es indispensable especificar la línea por que se da ese corte. Como se ve en el grabado, la línea *AB* parte la casa por la mitad, pasando por el vano de la puerta y por el del balcón que hay sobre ella. En el corte han de quedar, pues, vacías las partes correspondientes á esos vanos, y así vemos que sucede. Del tejado sólo pueden salir en el dibujo las dos vertientes anterior y posterior cortadas por el plano que pasa por la línea *AB*, y así en el dibujo sólo se ven esas dos vertientes y no las otras, que, á juzgar por la proyección vertical, caen sobre las fachadas laterales.

Perspectiva de un objeto es sencillamente el aspecto con que se nos presenta á la vista. Un objeto representado en perspectiva equivale, pues, á un retrato, como si dijéramos, de ese objeto. El adjunto grabado, que representa una parte de un edificio cualquiera, da idea de lo que es una representación en perspectiva.

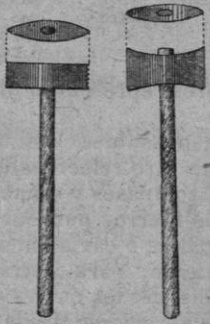
El arquitecto que haya de construir un edificio debe hacer varios planos de él, representándolo por tantos cortes y proyecciones como se necesiten para dar idea clara de su conjunto, y aparte, en mayor escala y por el mismo procedimiento, debe representar todos aquellos de sus miembros que lo requieran por su importancia y por la complicación de sus formas.

A veces, tratándose de grandes monumentos de larga y costosa fabricación, es costumbre que se construya un modelo en madera ó en yeso del edificio entero, que permita hacerse bien cargo de su aspecto general y de la armonía de sus distintas partes, algunas de las cuales convendrá también representar en mayor escala por el mismo procedimiento.

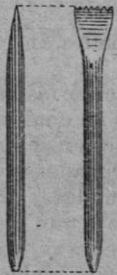
Los canteros labran las piedras en la forma que les marcan los dibujos en tamaño natural que el arquitecto les traza. Para labrar y pulimentar las piedras, además de las sierras, ya lisas, ya dentadas, de que se ha hablado poco atrás, de las cuales las hay movidas á brazo y por otras fuerzas motrices, se emplean hachas de uno y dos cortes, gradinas, rascadores, macetas, martillos y cinceles de varias clases y figuras.



Martillo.



Hachas de dos cortes.

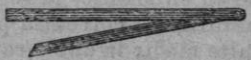


Gradina.

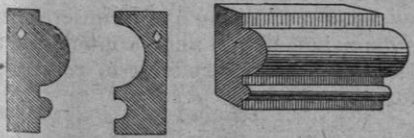
Regla.

Cincel.

Punzón de cantero.



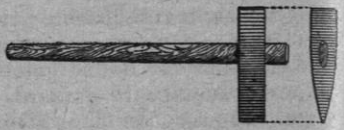
Falsa escuadra.

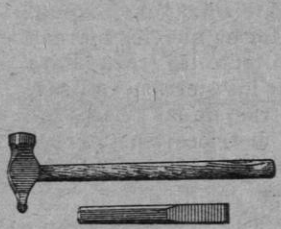


Plantillas y sillar labrado conforme á ellas.

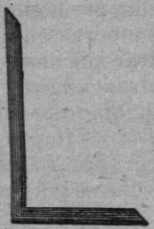
Rascador de cantero.

UNED





Martillo y cincel.



Escuadra.

1 y 2, reglas graduadas; 3, compás de sólidos; 4, compás con arco graduado; 5, compás de proporciones; 6, compás para trazar arcos pequeños; 7 y 8, compases comunes.

Los grabados anteriores representan algunos de estos instrumentos.

Como accesorios indispensables, así del oficio de labrar la piedra como de cualquiera otro relacionado con las artes gráficas, se requieren reglas, compases y escuadras de brazos fijos y movibles de madera y de hierro, punzones de hierro, lápices, reglas graduadas y plantillas ó cartabones de madera, de hojalata, de cinc y aun de hierro, para el trazado de las líneas y superficies curvas, varios de los cuales están también representados en los grabados anteriores. De las reglas que se figuran, la primera es graduada y plegadiza para que pueda llevarse en el bolsillo; la segunda, además de graduada, lleva una abrazadera corrediza provista de un pequeño apéndice que permite medir la anchura de una superficie plana limitada por dos paredes verticales, como, por ejemplo, la de un sillar cuadrado ó cuadrilongo. El compás de proporciones, aplicable particularmente al dibujo, sirve para obtener con dos de sus puntas medidas mayores ó menores, en la proporción que se quiera, que las tomadas con las puntas opuestas, lo que ahorra mucho tiempo y trabajo cuando se quiere amplificar ó reducir la representación gráfica de un objeto.

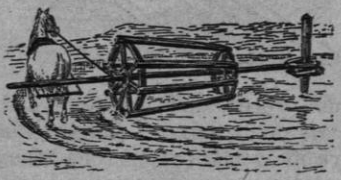
UNED

CAPÍTULO XVI

Los ladrillos.

Otro material importante de construcción, que sustituye á las piedras donde faltan ó escasean, y muy usado siempre aun allí donde las hay, son los ladrillos. Lo mismo ellos que las tejas, azulejos, tubos de conducción de agua, molduras, florones, y mil otros accesorios y adornos que se emplean en las construcciones, se hacen de barro previamente triturado, molido y apisonado con agua hasta formar una pasta untosa, suave y plástica, dócil para ser moldeada en la forma que quiera dársele.

Hácese esa operación de triturar y amasar el barro por varios medios más ó menos perfectos, según la escala en que se trabaje. El grabado adjunto representa uno de los más sencillos, en que un caballo, mula ó cualquiera otro animal de tiro pone en movimiento una especie de jaula de figura tronco-cónica giratoria en una pértiga que á su vez gira en torno de una estaca ó poste fijo en el centro de un redondel en que se echan el barro y el agua de que ha de formarse la pasta.



Hay barros de distintas clases y propiedades, según su composición, porque la arcilla, que es materia común á todos ellos, suele ir junta con otras cuyas propiedades influyen muy diversamente en las del conjunto según la naturaleza de ellas y según las proporciones en que entren á formarlo.

De barro más ó menos escogido de unas ú otras clases de las muchas que hay, ya solo, ya mezclado con arena ó con otras sustancias, ya crudo ó cocido al sol, ya sometido á una, dos ó más cochuras en el horno, se hacen adobes, ladrillos, tejas, lo-

UNED

setas, azulejos, cazuelas, ollas, tinajas, macetas, alcarrazas, estatuas, jarrones, vajillas, y multitud infinita de objetos útiles y artísticos.

Después de moldeado en la forma que se quiera, pasa á hornos donde sufre las cochuras necesarias. Una sola le hace adquirir la cohesión y dureza que los ladrillos comunes requieren, aunque no sea todavía bastante para la fabricación de ciertas clases especiales de ellos, que han de sufrir dos, ni para la de otras sustancias cerámicas, como la loza, porcelana y otras, también formadas de barro, que han de ser sometidas todavía á más cochuras y á temperaturas especiales.

Las figuras señaladas con los números del 1 al 4 dan idea

FIG. 1.

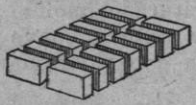


FIG. 2.

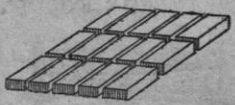
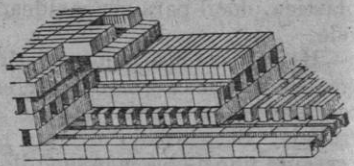


FIG. 3.

FIG. 4.



del proceso de fabricación de ladrillos. La figura 1 representa la caja de madera en que se les moldea. Las figuras 2 y 3 ladrillos ya moldeados y puesto á secar al sol. En tal estado se llaman *adobes* y constituyen un buen material de construcción en países secos. La figura 4 indica la disposición en que se colocan los ladrillos para ser cocidos en el horno.

Las construcciones de ladrillos, por lo tocante á la manera de colocarlos, son muy semejantes á las de sillares. En ambas se procura que las juntas de cada lecho ó hilada no correspondan con las de las hiladas inmediatas de arriba y de abajo, para dar así mayor trabazón á los muros. Con ladrillos se fabrican arcos y bóvedas tan firmes y durables como los de piedras. Hay edificios antiquísimos y admirablemente conservados, no ya de ladrillos, sino de adobes, que son ladrillos cocidos al sol. La Giralda de Sevilla, monumento á prueba de siglos y que tiene unos ocho de vida, es de ladrillos toda ella; de ladrillos son

UNED

también muchos edificios romanos llegados en perfecto estado hasta nuestro tiempo, y no de ladrillos, sino de adobes, estaban fabricadas las inmensas ciudades de Babilonia y Nínive, destruídas desde hace muchísimos siglos, no por el tiempo, sino por los hombres, y cuyos restos, enterrados bajo las arenas, han venido á descubrirse en nuestros días y son objeto de los estudios de los arqueólogos.

De ladrillos se construyen muros tan gruesos como se quiera y paredes y tabiques tan delgados que apenas se concibe que puedan sostenerse. Las figuras siguientes indican varias dispo-

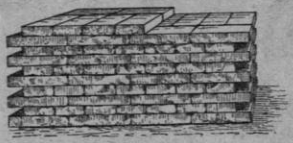


FIG. 1.ª

FIG. 2.ª

FIG. 3.ª

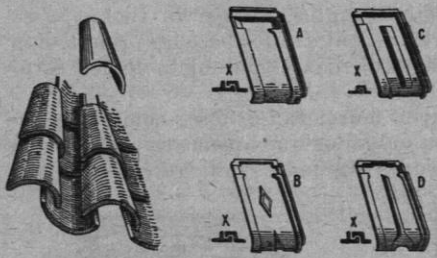
FIG. 4.ª

siciones de colocar los ladrillos en la construcción de muros y paredes. La figura 1.ª representa la colocación de los ladrillos para formar una pared de ladrillo y medio de espesor; la figura 2.ª, la que se les da para formar paredes de un ladrillo de grueso; la figura 3.ª, su disposición formando una *citara* ó pared de medio ladrillo; la 4.ª, la construcción de pared de *panderete* ó formada de ladrillos colocados unos sobre otros de canto; la 5.ª representa la colocación de ladrillos formando *sardinel,* ó sea, puestos de canto unos al lado de otros tocándose por las caras; disposición seguida ordinariamente para construir las esquinas ó aristas de aceras y otras construcciones que han de sufrir frecuentes choques y rozamientos.

FIG. 5.ª

UNED

De estas dos figuras, la primera representa tejas comunes, y las señaladas por las letras *A*, *B*, *C* y *D*, varios modelos de las



Construcción de un arco de ladrillos.

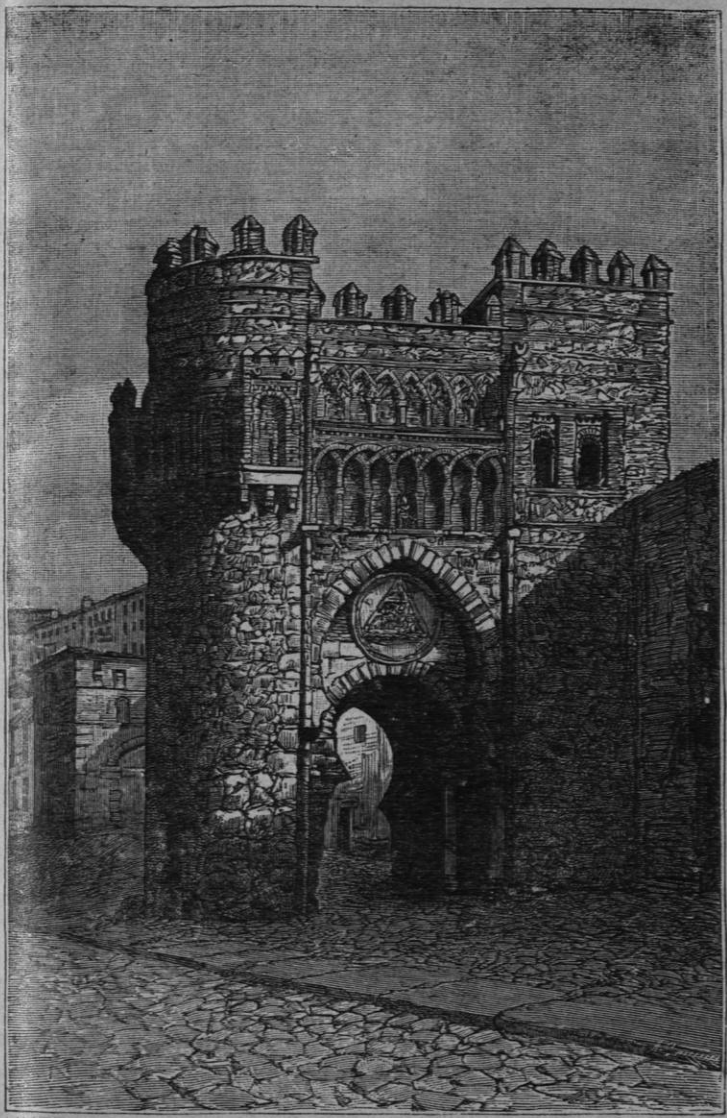
llamadas planas, las cuales, si bien tienen la ventaja sobre las primeras de pesar menos por necesitarse de menor número de ellas para cubrir el mismo espacio, exigen techumbres de mayor pendiente y, de consiguiente, de mayor extensión superficial.

La otra figura manifiesta la disposición en que se colocan los ladrillos para la construcción de arcos, mostrando la *cercha* ó armazón de madera en que se apoyan, la cual se quita cuando están ya construídos, sistema que se emplea igualmente en la construcción de bóvedas.

El quitar la cercha que ha servido para la construcción de un arco ó de una bóveda es operación muy delicada, por la conmoción que puede causar en los materiales de que se componen al entregarlos bruscamente á la acción de su propio peso estando todavía fresca la argamasa que los traba y consolida. Entre las varias maneras que hay de verificar esa operación, se recomienda mucho la que consiste en dar salida á la arena contenida en ciertas cajas ó depósitos en que se hizo descansar la cercha al tiempo de colocarla. La arena va saliendo poco á poco, como pasa de un depósito á otro de los dos que forman los relojes de arena, y la cercha desciende paulatina y gradualmente hasta separarse del arco ó de la bóveda que sustenta.

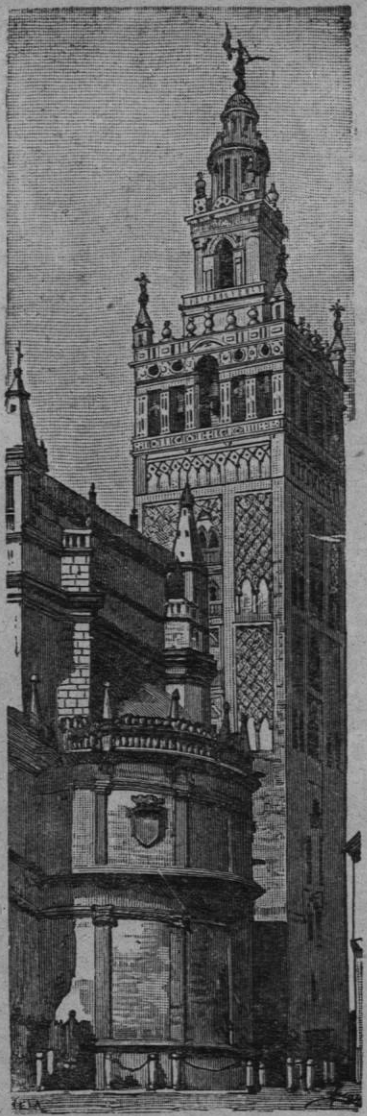
Reloj de arena.

Como ejemplo de edificios célebres construídos de ladrillos, damos vistas de la Puerta del Sol de Toledo y de la Giralda de Sevilla, ambos moriscos y de más de ochocientos años



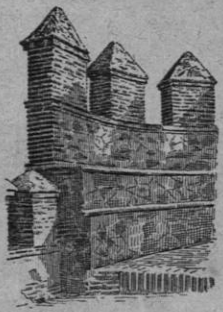
Puerta del Sol (Toledo).

UNED



La Giralda de Sevilla.

de antigüedad. Esta otra figura representa una parte del



adarve y de las almenas del primero de ellos.

La construcción de la Giralda se atribuye á Geber, inventor del Algebra, según se dice, y se remonta al siglo XI; noticia en que se advierte el error de atribuir una fecha sobrado moderna á una ciencia como la dicha, conocida ya, en gran parte á lo menos, por los antiguos griegos. En cuanto á la Puerta del Sol de Toledo se ignora de un modo preciso cuándo fué construída, pero se presume que, ó existía ya en el año de 1085, en que cayó la ciudad en poder de los cristianos, ó que fué edificada muy poco tiempo después.

Para aligerar el peso de ciertas partes de los muros y de las bóvedas, se fabrican y se fabricaron desde tiempo remotísimo ladrillos ó entera-

UNED

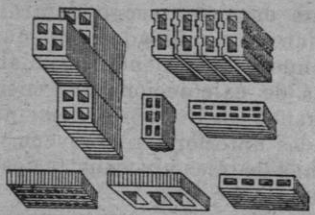


FIG. 1.ª

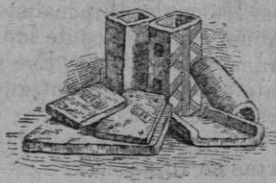


FIG. 2.ª

mente huecos ó llenos de cavidades en su masa, como los representados en las figuras adjuntas, de las cuales la 1.ª representa ladrillos huecos de fabricación moderna; la 3.ª, una bovedilla construída con los mismos apoyados en vigas de hierro de las llamadas por su forma *de doble T*, manera de construir muy usada hoy.

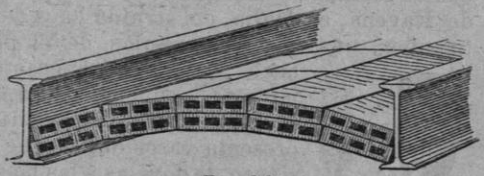
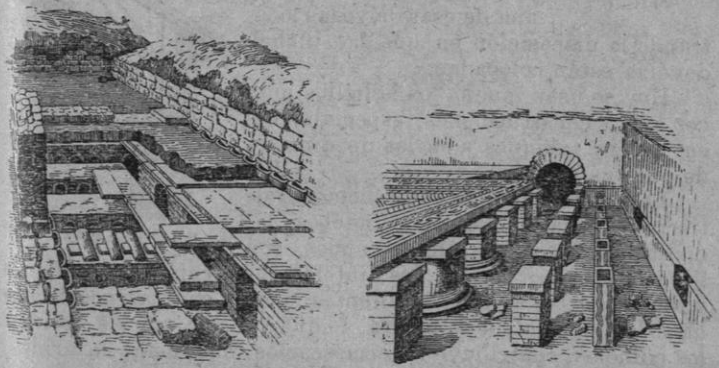


FIG. 3.ª

La figura 2.ª representa tejas y ladrillos huecos descubiertos en ruinas de anti-



Ruinas de hipocaustos descubiertas en Inglaterra.

guos edificios romanos. De esos ladrillos se fabricaban los *hipocaustos* ó cámaras subterráneas que servían en la época ro-

UNED

mana para caldear los edificios sin encender fuego dentro de ellos, los cuales hipocaustos solían ir combinados con muros también construídos de ladrillos huecos por donde circulaban el humo y las llamas. Ese sistema de calefacción era generalmente usado por los antiguos romanos en Bretaña, Alemania y otros países fríos. Los dos grabados anteriores reproducen vistas de algunas ruinas de las muchas de tales hipocaustos descubiertas en Inglaterra.

Para las bóvedas, especialmente, se usaron antiguamente y se siguen usando en nuestro tiempo en los países orientales ladrillos de formas *sui generis*, que mejor debieran llamarse vasos, que se ven en muy antiguos y suntuosos edificios, entre los cuales citaré la famosísima iglesia de San Vidal, de la ciudad de Ravena, en Italia, construída hace cerca de mil cuatrocientos años, una de cuyas cúpulas, de 52 pies de diámetro, está hecha de dovelas huecas de barro cocido semejantes á pequeñas ánforas.

FIG. 1.ª

La primera de estas dos figuras adjuntas representa vasos de los que sirven de dovelas á las bóvedas de la citada iglesia, y la segunda un corte de una de esas bóvedas mostrando la disposición en que las dichas dovelas están colocadas.

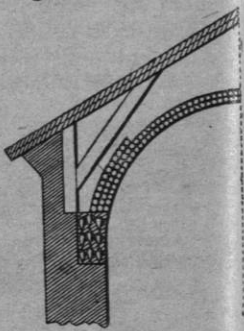


FIG. 2.ª

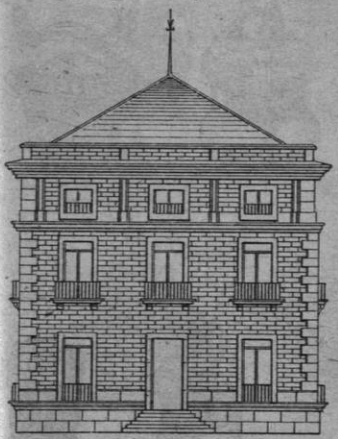
Hoy se usan mucho los ladrillos huecos en las construcciones, especialmente en las de tabiques y en las de dinteles de puertas y ventanas.

Lo más flaco de las construcciones de tierra apisonada, hormigón, adobes, ladrillos y otros materiales menudos, son las esquinas, las jambas, los dinteles, las cornisas, las molduras y demás partes agudas ó salientes; por lo cual se acostumbra hacerlas todas ellas de piedra, lo que, al par que da solidez á los edificios, contribuye á hermosearlos, rompiendo la aridez y monotonía de las grandes superficies llanas y monócromas de los muros con las fajas, cordones y relieves de los frisos, esquinas y encuadramientos.

La figura que sigue representa una casa de ladrillos con los

UNED

frisos, esquinas y encuadramientos de piedra, como muchas del siglo XVII que hay en Madrid y en otras poblaciones del centro de España, donde no es la piedra muy barata ni abundante.



CAPÍTULO XVII

La cerámica en general.

Ya he dicho que no sólo ladrillos, tejas y adobes se hacen de barro, sino infinitos otros objetos, entre los que se comprenden muchos de alto valor artístico. Desde los pucheros más ordinarios hasta las más espléndidas vajillas; desde las tinajas en que los cosecheros guardan el vino y el aceite hasta los magníficos jarrones esmaltados de oro y plata y de los colores más brillantes y variados; desde las figuras groseras que se venden en las cacharrerías hasta las preciosísimas y delicadas que adornan los jugueteros y las consolas de los palacios, están fabricados de barro; materia ésta que es una de las que primero emplearon los hombres desde la infancia de las sociedades.

Las vasijas y objetos de barro son de uso tan antiguo como los instrumentos de piedra de que hemos hablado en la página 98, y suelen descubrirse juntos con ellos en las cavernas que sirvieron de albergue á los hombres en los tiempos más remotos y anteriores á toda memoria histórica. Por el grado de perfección con que estén hechos esos objetos se aprecia el gusto artístico y el grado de cultura de los hombres que los fabricaban y usaban.

Los grabados que siguen representan del 1 al 13 vasijas y muñecos de barro de los habitantes del Perú de hacia la época del descubrimiento, esto es, de hace unos cuatrocientos años.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

UNED

14

15

16

17

18

19

20

21

22

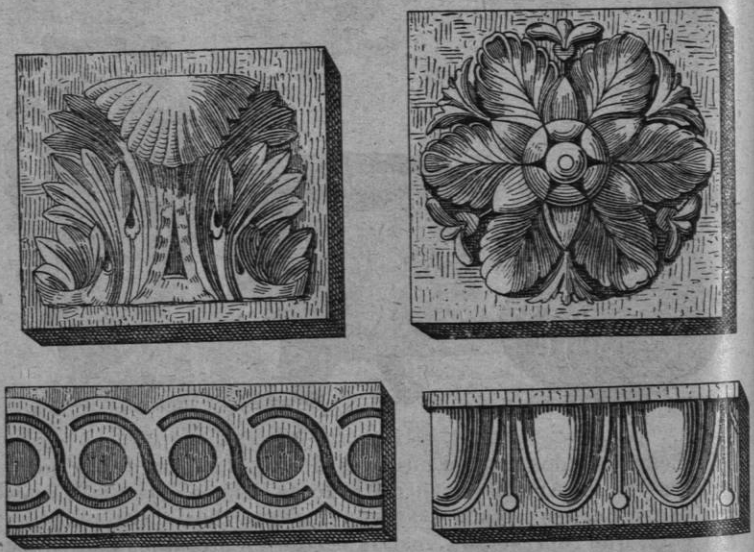
Los señalados con los números del 14 al 20 son de los habitantes de la América central y de la misma época. Ni unos ni otros pueden compararse con los que llevan los números 21 y 22, que representan vasijas pertenecientes á los mejicanos del mismo tiempo, que se hallaban en un estado de cultura, á

UNED

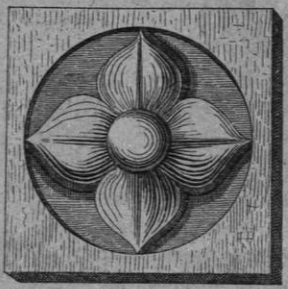
juzgar por esas y otras muestras, superior al de todos los demás pueblos americanos sus contemporáneos, aunque muy inferior sin duda al en que debieron de encontrarse muchos miles de años antes los pueblos desconocidos constructores de las colosales ruinas de Uxmal y de Palenque, en Yucatán.

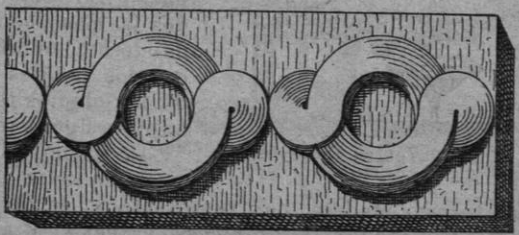
Los alumnos de Don Juan estaban muy familiarizados con el barro, por ser, lo mismo que el yeso, la materia prima de uno de los trabajos manuales á que más de ordinario se entregaban, que era el modelado de florones, grecas, bajo-relieves y otros objetos artísticos; trabajo ése de los más recomendados para adiestrar la mano y la vista y para desarrollar el gusto artístico y el entendimiento.

Los grabados siguientes son reproducción de algunos modelos de objetos de barro de los que hacían los más niños de ellos para comenzar á adiestrarse en ese arte. El modelado de tales objetos se practica con los dedos y con ayuda de palillos ó espátulas, como las que indica la figura de la página 134. Así se



Modelos de trabajos elementales en barro.

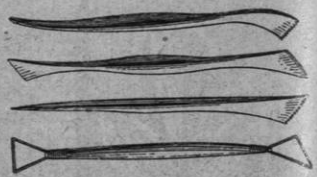




Modelos de trabajos elementales en barro.

UNED

Modelos de trabajos elementales en barro.

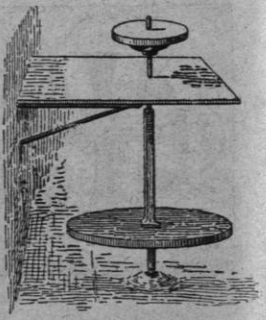


Palillos ó espátulas empleados para el modelado en barro.

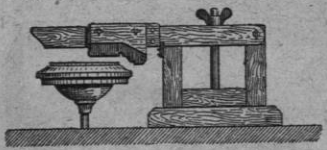
hace hoy en todas las escuelas en que se siguen los sistemas modernos de enseñanza. Los alumnos de Don Juan modelaban también por el mismo procedimiento objetos de forma elegantísima, como las de las *bocatejas* griegas que acompañan á estos renglones.

Bocatejas antiguas.

Pero, refiriéndome á la industria cerámica en general, diré que el barro se trabaja no sólo de esa manera, sino también con ayuda de plantillas, ó, tratándose de piezas de figura redonda y no excesivamente grandes, por medio de la *rueda de alfarero,* instrumento antiquísimo que el obrero hace girar con el pie, mientras moldea la masa con las manos, ayudándose comúnmente de plantillas con los perfiles de las superficies de los objetos torneados, como la adjunta figura representa.



Rueda de alfarero.



Plantillas para tornear objetos de barro.

De tornos de alfarero (como también de los que se emplean para tornear madera) hay representaciones de muchos miles de años de fecha en los hipogeos egipcios, y al primero de esos instrumentos alude Homero en su *Odisea* y en el único pasaje

conocido de un poema que se le atribuye; pasaje citado en una historia de su vida, escrita, á lo que se dice, por Herodoto (*).

El torno de que se habla en el pasaje citado debía de ser como el que en la adjunta figura se representa, la cual está copiada de la de un sepulcro egipcio. En ella puede verse, no sólo cómo se torneaba una vasija, sino cómo se la pintaba y se la introducía en el horno.

El modelado de aquellas piezas que, aunque redondas, son demasiado grandes para trabajadas al torno, se hace también á mano y con plantillas.

Se da también figura á las piezas, cuando son de formas complicadas, por medio de moldes de yeso, de metal y de otras materias, de los que se sacan matrices de yeso y de ellas nuevos moldes de barro que se cuecen después y que se emplean directamente en la fabricación; moldes que muy de ordinario hay que hacer de varias piezas que pueden juntarse y separarse á voluntad.

Por las figuras adjuntas puede formarse una idea del procedimiento empleado para sacar moldes de yeso de los objetos que se quiera reproducir.

(*) Sin embargo, los críticos más ilustrados no creen que sea de Herodoto esa biografía de Homero, ni de Homero el pasaje citado en ella; aunque de todos modos son ambos de antigüedad muy respetable. Homero fué un famosísimo poeta griego autor de la *Iliada* y de la *Odisea*, poemas ambos, en particular el primero, reconocidos como los mejores de los llamados *épicos* ó heroicos que se hayan nunca escrito. Se cree que vivió unos 1000 años antes de Cristo. Herodoto, llamado «el Padre de la Historia», por ser el historiador más antiguo de los profanos cuyas obras hayan llegado á nuestro tiempo, nació en Halicarnaso, colonia griega del Asia Menor, y vivió entre los años 484 y 406 antes de Cristo.

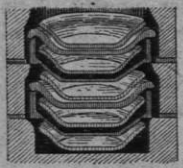
UNED

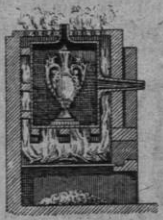
Ya modelados los objetos, se les deja secar y se les mete en el horno, al cual han de volver untados de los ingredientes que después de cocidos formen la capa de barniz ó vidriado, los que hayan de llevarla.

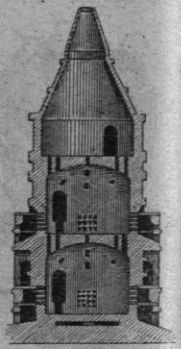
También hay piezas vidriadas que sólo sufren una cochura; pero ésas son de calidad ordinaria, cuyo barnizado se reduce á una capa de *galena* en polvo, ó, por otro nombre, *alcohol de alfarero,* que se les aplica por medio de una muñeca.

La colocación en los hornos de los objetos que han de cocerse y la conducción del fuego, son asuntos difíciles y complicados, que requieren largos estudios y grandísima práctica.

Las figuras siguientes indican la disposición en que se colocan las piezas de alfarería en los hornos, y el corte de uno de éstos por una línea vertical que pasa por la mitad de las puertas.







Las pastas de que se fabrican los objetos de cerámica son *tiernas, duras, opacas* ó *traslúcidas,* según la clase y calidad de las tierras de que se componen y las proporciones de cada una de ellas que entran en su composición. Las más finas y estimadas son las que, después de cocidas, forman las porcelanas, las cuales también se subdividen en *duras* y *tiernas.*

La base de todas las tierras de que se elaboran las pastas cerámicas es la *arcilla,* materia impermeable y que hace pasta con el agua, de la que es avidísima. Cuando seca, es ligera, quebradiza y fácil de reducir á polvo.

Un terreno muy arcilloso es casi estéril, porque no deja llegar el agua á las raíces de las plantas y se hiende y endurece en tiempo seco.

Casi todos los terrenos contienen arcilla, pero mezclada con arena, cal y muchas otras materias, que le dan diversos colores. *Kaolín* es el nombre chino adoptado por todas las lenguas

europeas para designar á la arcilla blanca de que se hace la porcelana.

Los antiguos vasos griegos, que en cuanto á gusto artístico se llevan la palma sobre todos, son de pasta tierna, porosa y opaca, que sólo sufrió una cochura y á temperatura no muy alta. Los hay mates y lustrusos; los primeros suelen ser objetos de uso común, habiéndolos de ellos hasta de dos metros de alto; los últimos son, por lo general, vasos artísticos de grandísimo mérito, en que, generalmente sobre un fondo rojizo ó negro, se destacan figuras y ornamentos de varios colores y á veces dorados.

Los museos públicos y particulares de Europa están llenos de vasijas y otros objetos cerámicos de la época griega y romana, de infinita variedad de tamaños y formas, encontrados en sepulcros y excavaciones. Todos ellos, y en particular los de fabricación griega, son elegantísimos. De ellos se hacía gran comercio en la antigüedad, siendo muy conocidos los fabricantes, cuyos nombres se hallan generalmente estampados en los objetos que salían de sus talleres.

Los grabados que damos á continuación reproducen algunos de esos vasos. La figura 1.ª representa un *ánfora,* vasija muy usada en la época romana para guardar vino, aceite y otros líquidos en las bodegas ó subterráneos de las casas. Acostumbrábase sostenerla enterrada por su extremo inferior en el suelo, para lo cual tenían la forma puntiaguda que se ve en la figura.

Fig. 1.ª

Fig. 2.ª

Las demás son todas de estilo griego, aunque quizá no estuvieran siempre fabricadas en Grecia. Las figuras 6.ª y 7.ª, por ejemplo, representan vasijas halladas en Inglaterra, por más que las figuradas en la primera de ellas sean de las llamadas *samias,* por proceder de la isla de Samos, las cuales eran muy apreciadas por la finura de la pasta cerámica de que estaban hechas.

En la época romana se aplicó mucho la cerámica á la decoración de los edificios, conservándose hoy en los museos hermosas piezas adornadas de bajo-relieves de gran mérito, obras en su mayor parte de artistas griegos; pero el lujo desenfrenado que se desarrolló en ese tiempo, hizo que el oro, el bronce, el

UNED

mármol, el pórfido y otros costosos metales y piedras, fuesen preferidos al humilde barro para la fabricación de esos grandes

FIG. 3.ª

FIG. 4.ª

FIG. 5.ª

FIG. 6.ª

FIG. 7.ª

y artísticos vasos destinados á adornar los templos y los palacios.

Durante los largos años de la Edad Media, no sólo tuvo el barro grosero y ordinario las aplicaciones que en todo tiempo se le dieron, sino que estuvieron en uso diversas clases de loza poco conocidas y estudiadas por los aficionados é inteligentes. Entre éstos se admite generalmente que las artes cerámicas estuvieron en gran decadencia en todo ese período y que no recobraron su antiguo esplendor hasta sus últimos años.

En Italia tuvo principio ese renacimiento con la invención de la *mayólica,* ó sea del esmalte de estaño y su aplicación á la cerámica por el célebre Luca della Robbia, del cual y de sus sucesores del mismo apellido quedan trabajos estimadísimos en

varias iglesias y monumentos de aquel país y en algunos museos de Europa. Un artista florentino nos trajo ese arte á España, dejándonos aquí como recuerdo las célebres placas esmaltadas de la portada de Santa Paula de Sevilla; las del oratorio del Alcázar de la misma ciudad, y las de la portada del antiguo Monasterio de Santiponce, situado en sus inmediaciones.

Mayólica italiana.

Vasija italiana del Renacimiento.

Vasija italiana de reflejo metálico.

La base de la mayólica italiana es una mezcla de arcilla, marna arcillosa y calcárea y arena, que se cuece primero, y se cubre, antes de sufrir una segunda cochura, de un esmalte de plomo, estaño, arena cuarzosa, sosa y sal marina.

Hay otra clase de cerámica que suele confundirse con la mayólica, y que algunos autores llaman *medio mayólica,* cuya

Vasos hispano-moriscos del siglo XV, de reflejos metálicos. El representado en primer lugar es dorado.

blancura no se debe al esmalte de estaño, sino á una capa ligera de arcilla blanca extendida sobre la pasta.

También es muy nombrada la loza hispano-morisca é italiana de reflejos metálicos, que, según algunos, debe ser clasifica-

da entre la medio mayólica. Se cree que lo mismo ella que la verdadera mayólica tienen su origen en la cerámica oriental, especialmente en la persa.

Al mismo tiempo que comenzaba en Italia la fabricación de las mayólicas, se fabricaban en Alemania los famosos vasos de

Vasos de Bernardo de Pallissy.

Vaso de Nuremberg.

Nuremberg, de los que hay ejemplares muy notables en los museos de Europa.

En Francia se hizo muy famoso en el siglo XVI Bernardo de Pallissy por sus trabajos artísticos en loza, que tienen cierta semejanza con los de Nuremberg.

Hasta tiempo relativamente reciente no se introdujo en Europa la porcelana. Esta se fabrica de una arcilla blanca conocida por el nombre chino, ya citado, de *kaolín*. Los productos europeos no han llegado todavía, ni en finura de pasta ni en brillantez de colores, á alcanzar la perfección de los chinos y japoneses. En China y el Japón la porcelana es, lo mismo que el papel, de uso vulgarísimo desde tiempo inmemorial, empleándosela hasta para revestir muros; pero no siempre ha reinado allí el mismo gusto ni se la ha fabricado por los mismos procedimientos. Entre los anticuarios de esos países se distinguen las porcelanas de diversas épocas, habiéndolas de ellas de incomparable hermosura, que no alcanzan, ni remotamente, las que hoy se fabrican, habiéndose perdido las fórmulas que los antiguos industriales seguían en la elaboración, cocimiento y coloración de las pastas.

Entre las porcelanas europeas gozan de gran fama las de Sèvres y las de Sajonia.

Los grabados siguientes ilustran el asunto de que estamos tratando.

Jarrones chinos.

Silla de mano inglesa de porcelana del siglo XVIII.

Porcelana italiana del Renacimiento.

UNED

Jarrones chinos.

Pila de agua bendita de loza de Talavera (moderna).

Alcarraza de Talavera (moderna).

Vaso moderno fabricado en Alcoy.

Jarrón chino.

CAPÍTULO XVIII

El vidrio y el cristal.

La fabricación del vidrio y del cristal tienen estrecha relación con la de la loza y la porcelana.

Las primeras materias que se emplean en ella son: arena, arcilla, cal, potasa y sosa. Estas dos últimas substancias se encuentran en las cenizas: la primera, en las de las plantas comunes; la última, en las de las marinas.

Fundidos esos ingredientes, en proporciones ya conocidas, en crisoles de arcilla refractaria (*) que se calientan en hornos á propósito, forman un líquido viscoso, que sería incoloro si los componentes fueran completamente puros; pero no siéndolo, como generalmente sucede, el vidrio resultante del enfriamiento de esa masa fundida es de un color verde más ó menos pronunciado.

Corte de un horno de vidrio.

Extráese del crisol, en el extremo de un tubo, una parte de la masa líquida, y soplando por el otro extremo se modela una botella ó garrafa; operación que requiere gran práctica, como puede comprenderse. Para hacer botellas ó garrafas exactamente iguales entre sí se emplean moldes de hierro. Por el mismo procedimiento de soplar por el extremo libre de un tubo en cuyo

(*) *Refractario*, tratándose de barro y otras materias, se dice de lo susceptible de sufrir altas temperaturas sin fundirse ni alterarse. Un *crisol* es una vasija para fundir metales y otras sustancias. Los hay de muy diversos tamaños, formas y materias. La adjunta figura representa uno de los más comunes.

UNED

extremo opuesto se ha recogido cierta cantidad de la pasta semifluída contenida en el crisol, y balanceando después el tubo á modo de péndulo, se da á la masa una forma cilíndrica, que después de abierta toma la de una lámina. Así se fabrican los vidrios planos de las ventanas y de los espejos.

Las figuras siguientes aclaran lo expuesto. La 1.ª es la vista

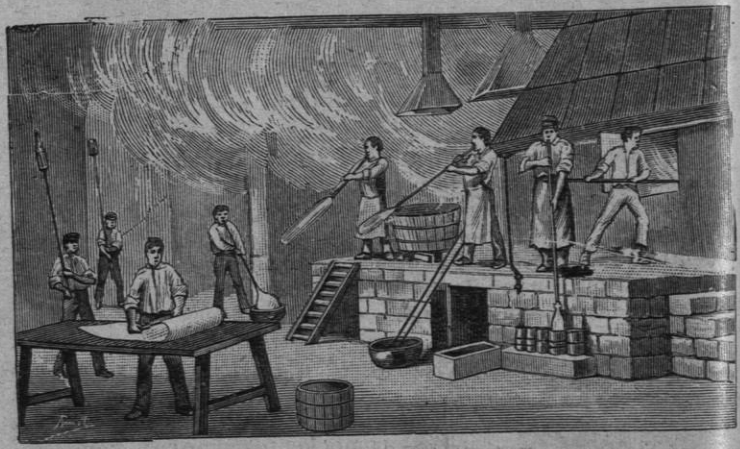


FIG. 1.ª—Fábrica de vidrio.

FIG. 2.ª

FIG. 3.ª

FIG. 4.ª

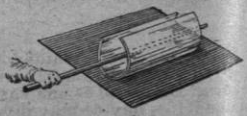
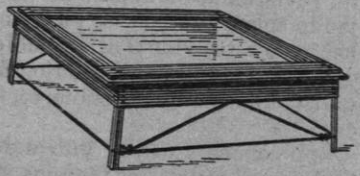


FIG. 5.ª

interior de un taller de fabricación de vidrio, en que pueden verse los hornos; las figuras 2.ª y 3.ª representan obreros verificando las manipulaciones dichas; la 4.ª indica las formas que sucesivamente va tomando la masa fundida hasta convertirse en una botella, y la 5.ª se refiere á la ya referida operación de dar á la dicha masa fundida la forma de un placa ó lámina.

Cuando los vidrios han de ser de gran tamaño, se moldea la masa en una mesa de hierro bien llana, como la representada en el adjunto grabado, en la que se forma el cuadro que ha de servir de molde con cuatro reglas del mismo metal. Recuécese la placa, después de enfriada, en un horno, y se la deja después enfriar lentamente. Ya fría, se la pulimenta con arena fina y esmeril en polvo y después con óxido rojo de hierro, también en polvo.



Para azogar el vidrio de un espejo se le aplica una hoja de estaño muy fina y sobre ella el azogue, el que forma con el estaño una amalgama que se adhiere á la superficie del vidrio.

La plata sustituye hoy con frecuencia al azogue en la fabricación de los espejos.

El cristal es un vidrio fabricado con arena muy escogida, potasa y minio. Es más transparente, brillante y pesado que el vidrio común.

Tállase el vidrio por medio de muelas ó ruedas bruñidoras de hierro fundido, arena y esmeril. También se le graba por medio del *ácido fluorhídrico,* que es una substancia que lo ataca y corroe, razón por la cual en los laboratorios se emplean para obtenerla vasijas de plomo, metal que no experimenta alteración por su contacto.

Taller de labrar y pulimentar objetos de vidrio.

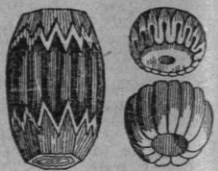
El vidrio es muy quebradizo, pero durísimo, porque no hay que confundir la *tenacidad,* que es la resistencia de la materia á romperse, con la *dureza,* que es la que ofrece á dejarse rayar por otra. El vidrio es de los cuerpos más duros que se conocen. Sólo el diamante (del cual se hablará en el capítulo siguiente) le supera en dureza, empleándose por tal motivo para rayar y cortar el vi-

drio un punzón montado en un mango y provisto de un diamante en la punta, con el cual, y con ayuda de una regla ó de un patrón que tenga la figura que sobre el vidrio quiera trazarse ó según la que quiera cortársele, se marcan sobre su superficie los trazos ó rayas que se desee.

Para grabar sobre vidrio por medio de ácido fluorhídrico, se procede lo mismo que para hacerlo sobre metal con agua fuerte: revistiendo su superficie de una delgada capa de cera, dibujando sobre ella con un punzón la figura que quiera grabarse hasta dejar el vidrio al descubierto, y cubriendo después de ácido fluorhídrico todo el dibujo. El ácido corroerá sólo la parte del vidrio dejada al descubierto, y respetará la tapada por la cera.

Se conoce y usa el vidrio desde la antigüedad más remota. Se ha atribuído á los fenicios su invención; pero el hallarse vasijas de vidrio en sepulturas egipcias de tiempo muy anterior al de los fenicios, demuestra que esa noticia no es cierta.

En la época romana tenía el vidrio todas las aplicaciones que hoy, estando perfectamente comprobado, no sólo que se le empleaba, lo mismo que al presente, para cubrir ventanas, hallándose enormes cantidades de vidrios rotos en las excavaciones de antiguas ciudades romanas de Inglaterra, sino que se hacían de él toda clase de objetos con extraordinaria profusión, y que había habilísimos operarios para trabajarlo. En la antigua Sagunto y en otros lugares de España, Francia é Inglaterra había grandes fábricas, de que hablan los autores latinos, de algunas de las cuales se conservan todavía vestigios. Las figuras siguientes son reproducción de cuentas, vasijas y redomas de vidrio de la época romana; clase de objetos abundantísima en las colecciones públicas y particulares. Los que aquí se representan han sido hallados en sepulcros y excavaciones en Inglaterra.



UNED

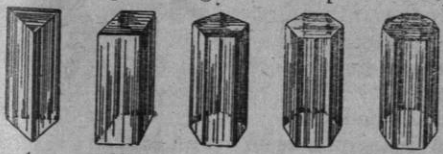
En la Edad Media llegó á extraordinaria perfección la fabricación de los vidrios de colores, mediante procedimientos que se tenía por perdidos, y que lo estuvieron verdaderamente, hasta que en la segunda mitad del siglo pasado se descubrió en una biblioteca de Francia una obra escrita en latín por cierto monje Teófilo, en que trata de esa industria, entre otras varias. Esa obra, traducida á los idiomas modernos, ha puesto á los fabricantes sobre la pista de los antiguos procedimientos, habiéndose llegado á fabricar en estos últimos tiempos vidrios que, si no iguales á los antiguos, se les acercan, especialmente en algunos de sus colores.

El adjunto grabado representa un ventanal cubierto de vidrios de colores como los muchos que se ven en las antiguas iglesias góticas.

El *cristal de roca* es de formación natural, y se le extrae de canteras como cualquiera otra piedra.

Pocas materias hay más útiles que el vidrio. Sus aplicaciones son innumerables é importantísimas. Su propiedad de refractar la luz ha dado origen á la fabricación y empleo de las *lentes* y de los *prismas*, que son base y fundamento de todos los instrumentos ópticos.

Las figuras siguientes representan *prismas*. Un *prisma* es un cuerpo sólido engendrado por el movimiento de una figura geométrica plana paralelamente á sí misma. Cuando ese movimiento se verifica en dirección perpendicular al plano de la figura, el prisma es *recto;* cuando no, *oblicuo*. Los prismas representados son todos rectos: *triangular* el primero, *cuadrangular* el segundo, *pentagonal* (de cinco caras) el tercero, *exagonal* (de seis caras) el cuarto, *octogonal* (de ocho caras) el quinto. En Op-



Prismas.

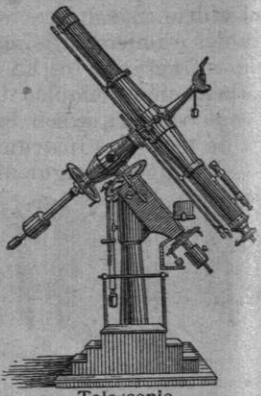
tica sólo se emplea el triangular. Las *lentes* son cuerpos sólidos, redondos, de vidrio ó cristal, con una ó las dos caras opuestas de forma curva, cóncava ó convexa, esto es, ahuecada ó bombeada. El nombre de lentes, que se aplica á todas ellas, tiene su origen en la figura, semejante á la de las lentejas, de las *biconvexas*, que son las que tienen bombeadas las dos caras. Las que las tienen cóncavas se llaman *bicóncavas*, y las otras *cóncavo-convexas, plano-cóncavas* ó *plano-convexas*, según tengan una cara cóncava y la otra convexa, una plana y la otra cóncava, ó una plana y la otra convexa, respectivamente.

Lentes.

Se llama *refracción* de la luz á la desviación que experimentan los rayos luminosos (ó los procedentes de un cuerpo iluminado por la luz de otro) al pasar de una materia transparente á otra que lo sea en mayor ó menor grado que ella. Así, al pasar un rayo de luz del aire, que es transparente, al agua ó al vidrio, que aunque transparentes también lo son menos que el aire, experimenta una desviación, y lo mismo le sucede al pasar del vidrio ó del agua al aire, que es más transparente que ellos. Esa desviación es la *refracción*. El parecernos quebrada una vara derecha introducida en parte en el agua, es por efecto de la refracción.

Microscopio.

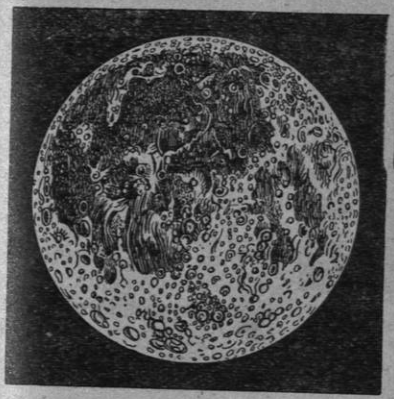
Merced á la refracción se puede conseguir, por medio de combinaciones de lentes, ó de lentes y prismas, aumentar notablemente el tamaño aparente de los objetos vistos á través de ellos, lo que ha contribuído notablemente á los progresos de la astronomía y de las ciencias naturales, permitiendo examinar la faz de la Luna y de los planetas del sistema solar, y descubrir estrellas



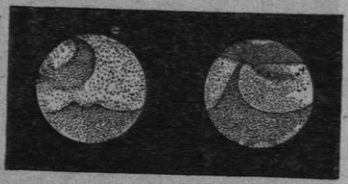
Telescopio.

lejanísimas inapreciables á simple vista, y organismos vegetales y animales extremadamente diminutos, cuya existencia no se hubiera siquiera sospechado sin la ayuda del telescopio para las grandes distancias y del microscopio para las pequeñas.

Los grabados siguientes representan á la Luna y á los plane-



La Luna.



Dos vistas de Marte.

Saturno y sus anillos.

tas Marte y Saturno tales como se les ve por el telescopio. Los anillos que rodean al último de ellos nos serían desconocidos sin la ayuda de ese instrumento, y en la misma ignorancia estaríamos respecto á la existencia de los satélites ó lunas de ese mismo planeta Saturno, que son nada menos que ocho los que tiene girando en torno suyo, y de los de Júpiter, que son cuatro.

La primera figura de la página siguiente representa una nebulosa, también vista por el telescopio.

Nebulosas se llama á ciertas manchas blanquecinas que se ven en las noches serenas, siempre fijas en determinados puntos del cielo, de las cuales la más notable es la llamada *Vía Láctea*, ó más vulgarmente entre nosotros *Camino de Santiago*. Sólo por medio del telescopio ha podido descubrirse que esas manchas, á las que por su aspecto de niebla se ha dado el

UNED

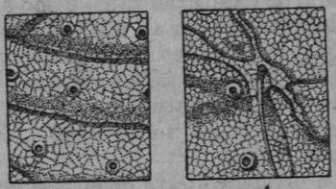
nombre de nebulosas con que se las distingue, son aglomeraciones, ó como si dijéramos racimos de estrellas, aparentemente muy juntas y apiñadas, pero, en realidad, á tan grandes distancias unas de otras como las enormes que de ellas nos separan. La nebulosa aquí representada es la llamada «de Orión», por pertenecer á la constelación de ese nombre, una de las más brillantes del firmamento.

Nebulosa de Orión.

De los cometas ya se ha dicho algo en el Capítulo II de este libro, y el grabado de la página siguiente representa á uno de los muchos que de vez en cuando aparecen en el cielo, porque, como también allí se dijo, son cuerpos errantes, y no fijos como las nebulosas.

Si el telescopio ha permitido estudiar el mundo de lo grande, el microscopio nos ha abierto la puerta del de lo pequeño, tan

Una pulga.



Palma y dorso de la mano.

maravilloso como ese otro, y que demuestra no menos elocuentemente que él la grandeza infinita de Dios. Sin el microscopio no sabríamos que en una gota de agua viven millones de animales; que los cabellos tienen forma de tubos, y que hasta la piel que más fina nos parece es como una red. Los grabados an-

teriores reproducen la figura de una pulga y la de una pequeña parte de la palma y del dorso de la mano, tales como se ven por el microscopio.

Gracias al vidrio se sabe que la luz del Sol se compone de

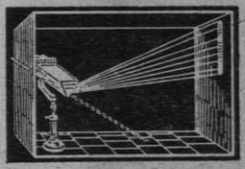
Un cometa.

varios colores elementales, que pueden ser aislados por medio del prisma, y que las de ciertas estrellas que, como todas, la poseen propia, son de distinta naturaleza que la que el Sol emite, por estar formadas por distintas combinaciones de colores.

UNED

Se ha descubierto también que los cuerpos elementales de la Naturaleza, al convertirse por la acción del calor en gases ó vapores, producen ciertas rayas oscuras en el *espectro* (que así se llama á la cinta ó faja de colores resultante de la descomposición de la luz á través del prisma); hecho que ha demostrado la existencia, no sólo en la masa del Sol, sino en la de estrellas lejanas, de muchas substancias que hay aquí en la tierra, como el oxígeno, el hidrógeno, el cloro, el calcio, el potasio y otras; descubrimiento ese de las rayas del espectro y su significación que es uno de los más portentosos que se hayan hecho nunca.

El adjunto grabado da idea de la manera de verificar la descomposición de la luz por medio del prisma. En una cámara cerrada herméticamente, y por tal motivo llamada *oscura,* y sin otro paso á la luz que un pequeño agujero abierto en una de sus paredes, se coloca frente é inmediato á él un prisma triangular de vidrio en la disposición que la figura indica. El rayo de luz que pasa por el agujero, al herir al prisma y atravesar su masa, cambia de dirección, y en lugar de ir á parar al suelo siguiendo la que traía (y que en la figura se marca), va á dar en la pared, abriéndose al paso en forma de abanico y dibujándose en ella en forma de una banda ó faja de colores como la que en la figura siguiente puede verse, y que es conocida por el nombre de *espectro solar,* como más arriba se ha dicho. En la misma figura se señalan algunas de las rayas oscuras ya mencionadas, á las cuales se llama *rayas de Fraunhofer* por el nombre del óptico alemán que primero advirtió y dió á conocer su existencia. Esa faja de colores es idéntica y tiene el mismo origen que la que frecuentemente se forma en el cielo en los días lluviosos, generalmente conocida por el nombre de *arco iris* ó *de San Martín.* Las gotas de agua que hay en tales casos en el aire producen el mismo efecto que el prisma de vidrio en la cámara oscura, y verifican la descomposición de la luz.



Cámara oscura.

Espectro solar.

CAPÍTULO XIX

Los cuerpos de la Naturaleza.—Cuerpos simples y compuestos.—Combustión. El carbón.—Oro, diamante, agua, azufre.—Calor latente.

Como el trabajo de fabricar la casa y el globo, y el de transportar y colocar en su sitio las diversas piezas de que se componían, puso en planta varios problemas de carpintería, herrería, corte de piedras y de maderas y Mecánica en general, dió ocasión á Don Juan para largas é interesantes disertaciones sobre esas y otras materias relacionadas con ellas, que condensaré aquí en breves términos, comenzando por ciertas nociones generales sobre los cuerpos, que ya antes y en muchísimas otras ocasiones habían sido tema de las pláticas entre Don Juan y sus discípulos, porque esas nociones son indispensables para la inteligencia de muchas de aquellas materias.

Clasifícanse de varias maneras los cuerpos de la Naturaleza. De todas esas clasificaciones, la más segura y científica es la que los divide en *simples* y *compuestos;* porque la que los agrupa en *sólidos, líquidos* y *gases,* y la que en *animales, vegetales* y *minerales,* pecan de inciertas.

Todos los cuerpos, en efecto, pueden hallarse en estado *sólido, líquido* ó *gaseoso,* según sean las temperaturas, habiéndolos, como el agua, que dentro de las ordinarias y corrientes se nos presentan tan pronto en una como en otra de esas formas. Y en cuanto á cuál reino de los tres, *animal, vegetal* y *mineral,* en que suele la Naturaleza dividirse, pertenezcan muchísimos cuerpos, puede ser objeto de no pocas discusiones si se tiene en cuenta el indudable origen orgánico del carbón de piedra y de muchísimas rocas calizas constituídas por la aglomeración de animales y vegetales fosilizados, y el carácter dudoso, vegetal ó animal, de muchísimas especies inferiores y rudimentarias.

En cambio, la clasificación de los cuerpos en *simples* y *compuestos* no puede dar lugar á dudas, llamando, como se llama, *simples* á los que no ha sido posible descomponer por ninguno de los procedimientos de que en los laboratorios se dispone, y *compuestos* á los que lo están por dos ó más simples.

Todo cuanto percibimos por nuestros sentidos: el aire, la tierra, el agua, las maderas, los metales, las plantas, las piedras, los animales, las substancias todas de que está formado nuestro cuerpo, y cuantos objetos, en suma, se nos manifiesten ó puedan manifestársenos por la vista, el tacto ó cualquiera otro de nuestros sentidos, son cuerpos simples ó compuestos.

Los cuerpos simples se mezclan y combinan entre sí, y forman otros que difieren grandemente de ellos en aspecto y en propiedades. Mezclarse y combinarse entre sí los cuerpos son cosas muy distintas. Es difícil determinar dónde acaba la mezcla y comienza la combinación, pudiendo sólo decirse que en la combinación hay unión más íntima que en la mezcla. En el agua, por ejemplo, están el oxígeno y el hidrógeno, que son cuerpos simples y volátiles, combinados formando un cuerpo, como ella, que en nada se les parece; en el agua azucarada están el agua y el azúcar, que, por su parte, son compuestos de otros, no más que mezclados; como tampoco en el aire están sino mezclados y no combinados, el oxígeno, el ázoe, el ácido carbónico y el vapor de agua que lo forman.

De esos cuerpos que entran en la composición del aire, el oxígeno y el ázoe (llamado también nitrógeno) son simples; el ácido carbónico y el vapor de agua, compuestos: el primero de ellos de oxígeno y carbono, ambos simples, y el último de oxígeno é hidrógeno, que lo son igualmente; de modo que son cuatro los cuerpos simples que hay en el aire: oxígeno, ázoe, carbono é hidrógeno, de los cuales sólo los dos primeros se hallan en libertad, encontrándose los dos últimos formando combinaciones con el primero.

Hay en la Naturaleza un número increíble de sustancias, pero simples sólo setenta y tantas, siendo todas las otras combinaciones, en distintas proporciones, de las primeras. De éstas, las más comunes y abundantes son el oxígeno, el hidrógeno, el carbono y el ázoe, que, combinadas entre sí, y con cantidades variables de algunas de las otras, forman todos los organismos animales y vegetales.

UNED

Muchos cuerpos que se encuentran ordinariamente en estado gaseoso forman, combinados entre sí ó con otros, cuerpos sólidos y líquidos. Así, por ejemplo, el *ácido nítrico,* cuyo nombre común es *agua fuerte,* que es una substancia líquida, está formado por *oxígeno* y *ázoe,* que son gaseosos ó volátiles, y lo mismo le pasa al agua común, que, siendo líquida, está compuesta de oxígeno é hidrógeno, que son gases. El *ácido sulfúrico,* llamado ordinariamente *vitriolo azul,* que es líquido, se compone de *oxígeno,* que es gaseoso, y de *azufre,* que es sólido.

El combinarse el oxígeno con los demás cuerpos, á lo que se llama *combustión,* es comunísimo, y sus combinaciones con ellos son innumerables. De ellas resultan otros cuerpos, que unas veces son sólidos, otras líquidos, y otras gaseosos. La *combustión* ú *oxidación* del hierro produce el llamado *óxido de hierro,* materia amarillenta más generalmente conocida por los nombres de *orín* ó *herrumbre,* de que vemos frecuentemente cubierta la superficie de ese metal. La combustión ú oxidación del hidrógeno da por resultado el agua; la del carbono, los gases ácido carbónico y óxido de carbono, que sólo difieren en la proporción en que relativamente al carbono entra el oxígeno en ellos. El último de esos gases es ese llamado *tufo,* que se desprende de los fogones y braseros cuando están mal encendidos, ó sea cuando hay poco aire para proporcionar oxígeno á la combustión; el ácido carbónico se produce siempre que la combustión es completa. De esos dos gases, *óxido de carbono* y *ácido carbónico,* el primero es venenoso, produciendo dolores de cabeza, mareos, y hasta la muerte si se respira largo tiempo; el último es completamente inofensivo, pero no respirable, porque no proporciona á la sangre lo que necesita para quemarse, que es oxígeno, no siendo la respiración sino resultado de la oxidación ó combustión de la sangre en los pulmones. Al aspirar introducimos en ellos aire, que cede su oxígeno á la sangre, y al respirar lanzamos el ácido carbónico y el ázoe inútiles y sobrantes.

El *ácido carbónico* es más pesado que el aire, por lo cual en un ambiente tranquilo y en reposo ocupa sus capas más bajas. Hay cerca de Nápoles una gruta cuyas emanaciones de ácido carbónico ahogan á los perros que no tienen bastante alzada para llegar con el hocico más arriba de la capa que cerca del

UNED

suelo ocupa dicho gas, y es inofensivo para los hombres y animales bastante altos para respirar por encima de ella.

El *carbono,* que es un cuerpo simple, entra en la composición de todas las substancias vegetales en combinación con el oxígeno, el hidrógeno y otra multitud de cuerpos. Al quemarse esas sustancias se combina su carbono con oxígeno del aire y se forma ácido carbónico, que se desvanece en la atmósfera; pero si se queman fuera del contacto del aire, el *carbono* queda, formando la substancia conocida por el nombre de *carbón,* que no es sino el *carbono* que contenía el vegetal mezclado con pequeñas porciones de sílice, potasa y otras substancias que entraban en su composición.

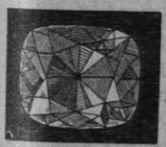
La industria de los carboneros se reduce, pues, á quemar la

madera, cubriéndola de tierra para librarla del contacto del aire; porque así, no verificándose la combustión sino muy imperfectamente, á costa del propio oxígeno que la madera lleva en sí, sólo quedan de ésta el carbono y las otras sustancias minerales que la forman. Por eso, entre las varias maneras de fabricar el carbón, la más antigua y sencilla, y la más común, por tanto, se reduce á quemar la leña fuera del contacto del

aire, cubriéndola con una capa de tierra como indican el grabado anterior y este que sigue.

El carbón obtenido de esa manera es el común ó vegetal; el otro, conocido por el nombre de *mineral* ó *de piedra*, se halla formando capas ó yacimientos en el seno de la tierra y se le extrae de la misma manera que el hierro, el cobre y demás minerales, mediante trabajos de excavaciones, pozos y galerías á veces profundísimas. Esas minas de carbón proceden, á lo que se cree, de bosques antiquísimos reducidos al estado fósil por la acción del sol, de la humedad y del tiempo, y mediante reacciones químicas difíciles de explicar. Su origen es, pues, tan vegetal como el del carbón común.

La mayor parte de las substancias que vemos y tocamos son compuestas; las simples, como ya se ha dicho, son muy pocas, y en la mayor parte de los casos no se nos presentan sino formando parte de las primeras. De ellas citaré el *oro*, que se conserva muy bien en estado de pureza, por ser difícilmente atacable por los ácidos y demás agentes comunes líquidos y gaseosos; el *diamante*, que es, con el *grafito*, la única forma en que se nos presenta el *carbono* en estado de absoluta pureza; el *oxígeno*, que es, como ya he dicho, uno de los gases constituyentes del aire; el *nitrógeno* ó *ázoe*, que es otro; el *azogue* ó *mercurio*, que es el único metal que ordinariamente se halla en estado líquido; el *azufre*, que suele presentársenos en varias formas distintas sin dejar de estar completamente puro, y alguna que otra substancia más.



Diamante.

El diamante, materia cuyo alto precio tiene su razón en lo mucho que escasea, no es, como se ha dicho, sino carbono completamente puro; de modo que quemándolo se convierte todo él en *ácido carbónico*, que se desvanece en el aire, sin dejar residuo alguno sólido.

Es quizás el cuerpo más duro que se conoce; por lo cual, para labrarlo, se hace preciso emplear su mismo polvo, con el

cual se le restriega por medio de ruedas giratorias análogas á las que se emplean para trabajar el vidrio y á que alude el grabado de la página 145. La figura anterior representa un diamante después de tallado.

Compuestas son, como ya he dicho, todas las substancias que hay en la Naturaleza y que no entran en la categoría de las simples. Casi todas, pues, las que vemos, olemos y palpamos son compuestas, haciéndose imposible nombrarlas á todas ellas por la enormidad de su número. Por citar alguna mencionaré el *agua*, que es tan abundante y de tan gran importancia en la Naturaleza, cuanto que entra en la combinación de casi todos los cuerpos de ella, si bien muchas veces en estado latente, esto es, oculto. En la *cal*, por ejemplo, que es un compuesto de una substancia simple llamada *calcio* y de *oxígeno*, entra, además, una parte de *agua* que no se ve ni se percibe, como tampoco la que entra en la composición del *azúcar*, del *almidón*, de la *goma* y de infinitas otras materias minerales y orgánicas.

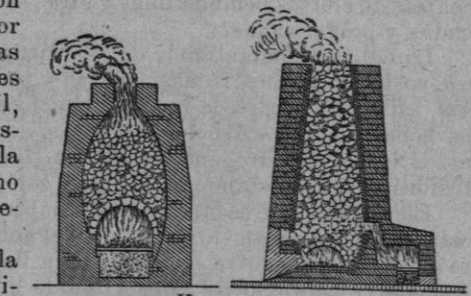
En la *cal viva* no hay agua ninguna; pero al mojarla se asimila una cierta cantidad de ella que no se manifiesta á nuestros sentidos, y que existe en el seno de la cal común en estado sólido. Ese paso del agua en estado líquido al sólido en que se encuentra dentro de la cal común, es la causa del calor que se desarrolla al apagarse la cal viva; porque todo cuerpo necesita de una cantidad considerable de calor para pasar del estado sólido al líquido, ó de éste al gaseoso, calor que no se percibe ni manifiesta, y que por tal razón se llama *latente*, el cual abandona el cuerpo cuando, al contrario, pasa del estado gaseoso al líquido, ó de este último al sólido. Así se explican varios hechos que son universalmente conocidos; por ejemplo: el frío que se siente al deshelarse la nieve, y la frescura que adquiere el agua encerrada en una alcarraza ú otro vaso poroso; frío que tiene su razón de existencia en el calor que roba la nieve al aire ambiente al deshelarse, esto es, al pasar del estado sólido al líquido, y el agua que baña la superficie de la alcarraza á la que hay dentro de ella al pasar del estado líquido al de vapor.

CAPÍTULO XX

La cal, el yeso y los morteros.

Para ligar entre sí las piedras, ladrillos y demás materiales sólidos de que se hacen los edificios, se emplea el mortero ó argamasa, materia cuya base más importante es la cal.

Obtiénese ésta calcinando en hornos especiales ciertas piedras calizas. Las de ellas compuestas de cal y de gas ácido carbónico (comprendidas todas bajo la denominación científica de *carbonato de cal*) son las que producen cal por la calcinación. El gas ácido carbónico, que es una substancia volátil, como se ha dicho, se desvanece en el aire, y la cal queda en el horno formando pedruscos ó terrones.



Hornos de cal.

En tal estado se la llama *cal viva,* y es avidísima de agua. Si se la deja á la intemperie va absorbiendo poco á poco la humedad del aire, y si se le echa agua se produce un á modo de hervor ó ebullición violenta acompañada de calor bastante para inflamar la pólvora. En uno y otro caso, la *cal viva* se combina con cierta cantidad de agua que desaparece en su masa sin que se advierta su existencia, y se convierte en *cal apagada,* cuyo nombre científico es *hidrato de cal,* materia blanca y pulverulenta muy conocida, que amasada con arena y agua forma el mortero ó argamasa común. La cal de ésta va absorbiendo con el tiempo el ácido carbónico del aire y acaba por convertirse en

carbonato de cal ó piedra caliza, que incorporada con la arena de la argamasa y con los demás materiales que entran en la construcción de los muros, forma una masa sólida de una sola pieza si la argamasa está bien preparada.

Es muy raro que la cal viva sea pura, pues para ello sería preciso que lo fuera la piedra caliza de que procede, y ésta contiene generalmente otras substancias que modifican favorable ó desfavorablemente las propiedades de la cal. Algunas de esas sustancias, particularmente la arcilla, le dan la de endurecerse en el agua, haciéndola utilísima para la composición de morteros que hayan de servir para edificaciones bajo el agua ó en lugares húmedos, á los cuales morteros ú hormigones se llama, por tal razón, *hidráulicos*.

Hay piedras naturales que, molidas hasta convertirse en polvo, dan, mezcladas con la cal, muy buenos hormigones hidráulicos; pero también se fabrican éstos artificialmente, mezclando la cal con piedra pómez, basalto calcinado, ladrillo, cenizas de ciertos combustibles y otras substancias bien machacadas y pulverizadas.

La cal es abundantísima en la Naturaleza, entrando en la composición de muchísimas piedras y tierras, en la de los huesos, espinas, cáscara de huevo y conchas de los animales, y en la de casi todos los árboles y plantas, combinada con el oxígeno, el cloro, el hidrógeno, el azufre, la sílice, el carbono, el fósforo y otras sustancias simples y compuestas.

En el yeso, que es otro material importante de construcción, está unida químicamente la cal con el ácido sulfúrico, compuesto de oxígeno y azufre, generalmente llamado *vitriolo azul*, y con cierta cantidad de agua, líquido que se compone á su vez de oxígeno é hidrógeno, como se ha dicho.

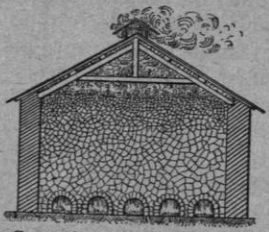
El yeso es un cuerpo duro que se vuelve blando y fácil de reducir á polvo quemándolo á fuego moderado y privándolo por esa operación del agua que entra en su constitución, y que lleva disimulada en el seno de su masa en combinación con el vitriolo; agua que recobra espontáneamente poco á poco si se le abandona largo tiempo al aire, y muy pronto cuando se le sumerge en ella, volviendo á adquirir su primitiva dureza.

De esa propiedad del yeso de endurecerse casi instantáneamente cuando recobra el agua de que se le privó al quemarlo, se deriva su utilidad como material de construcción, porque

UNED

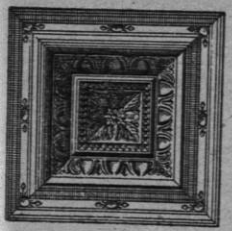
primero se le quema en hornos especiales, después se le pulve-

Horno de yeso.



Corte de un horno de yeso.

riza en molinos ó por medio de pilones, y en tal estado se le conserva, amasándolo con agua en el preciso momento de usarlo, sea como argamasa para ligar entre sí otros materiales sólidos, como piedras ó ladrillos, sea para fabricar estuco, sea para moldear figuras, sea para cualquiera otra de sus varias aplicaciones, porque es materia docilísima para ser moldeada en la forma que quiera dársele. Las figuras numeradas 1.ª á 5.ª dan idea



1.ª

2.ª

3.ª

4.ª

5.ª

de algunas de esas aplicaciones. La 1.ª representa el techo de una habitación cubierto todo él de adornos de yeso en relieve, los cuales, dorados y pintados, son de uso frecuentísimo en nuestro tiempo. La 2.ª, un friso de letras arábigas, como los que se ven muy de ordinario en los edificios de ese estilo, en el cual se emplea mucho el yeso para las decoraciones. La 3.ª representa un trozo de pared cubierta de adornos figurando estalactitas, también muy comunes en el estilo arábigo de arquitectura. La 4.ª y la 5.ª indican el procedimiento que generalmente se sigue para sacar el molde de una estatua, operación para la cual se emplea ordinariamente el yeso.

Pero la tendencia del yeso calcinado y privado de su agua á recobrarla espontáneamente, hace muy recomendable la costumbre de no quemarlo sino en aquellos mismos lugares en que haya de usársele, y sólo en las cantidades que vayan siendo necesarias.

Se le emplea hoy mucho en la construcción de esas bovedillas que se establecen entre las vigas de hierro para formar los pisos de las habitaciones altas, y de las que hemos dado un dibujo en la página 127, porque se adhiere tan bien al hierro como mal á la madera; en la de tabiques interiores de citara y de panderete, y en revoques de muros no expuestos á la humedad ni á la intemperie.

En París, en cuyos terrenos abunda extraordinariamente, lo usan mucho los constructores en lugar de los morteros ordinarios é hidráulicos; costumbre pésima que se traduce en falta de solidez en los edificios, pues el yeso dista mucho de poseer las cualidades que á un buen mortero deben exigirse. Este se encoge al endurecerse, mientras que el yeso se hincha; el yeso comienza por adherirse á las piedras y ladrillos con más fuerza que el mortero, pero á la larga, esa adherencia del yeso va menguando, mientras que la del mortero va progresivamente creciendo.

No debemos dar por terminado este capítulo sin mencionar los instrumentos más comunes que el oficio de albañil requiere, los cuales, y algunos usados por los canteros y estucadores, se representan en la lámina siguiente.

De ellos llamaremos la atención sobre la *paleta, palustre* ó *cuchara,* que por todos esos nombres, y quizás por algunos más, se conoce al principal instrumento del oficio, el que sirve para

PUNTERO DE BOCA DE ESCOPLO
ALCOTANA
POLEA
ESPÁTULA
NIVEL DE AIRE
BATIDERA
LLANA
PLOMADA
NIVEL
PALETA
Ó
PALUSTRE
PALA CUADRADA

UNED

aplicar y extender la argamasa; sobre el nivel (que puede ser de escuadra ó de aire), empleado para comprobar la horizontalidad de las hiladas de sillares ó ladrillos; y sobre la plomada, por la cual se guía el albañil para llevar á plomo la construcción de los muros.

CAPÍTULO XXI

La arquitectura: Estilos megalítico, americano, ciclópeo, indio, egipcio, asirio, griego, romano, bizantino, románico, gótico y arábigo.

No sólo es la arquitectura la más antigua de las artes por ser la necesidad de librarse de la intemperie de las más imperiosas del hombre, sino la madre de todas las que por referirse á combinaciones de líneas y colores se llaman *gráficas,* vocablo griego derivado del que en la misma lengua significa escribir ó dibujar.

Cae de su peso que siendo instinto ó condición del hombre el gusto por el adorno en todo cuanto á su existencia atañe, lo mismo en el orden espiritual que en el material, ha de llevar ahora, y hubo de llevar en todo tiempo, hondas huellas de ese instinto arte tan necesaria como la arquitectura y que tanto se presta á sus manifestaciones.

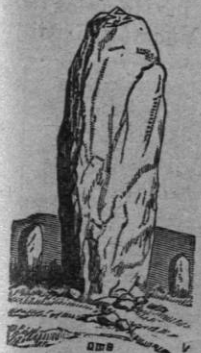
En los templos y en los palacios—mucho más en los templos que en los palacios—encontró siempre la arquitectura, y con ella sus auxiliares la escultura y la pintura, y hasta las otras también llamadas bellas artes, como la música y la tragedia, que se refieren al sentido del oído y no al de la vista, ancho campo en que desarrollarse.

Los monumentos arquitectónicos más antiguos que se conocen (fuera de los llamados *megalíticos,* esparcidos por todo el mundo, y cuya fecha de construcción es muy indeterminada é incierta; de los que se encuentran en Yucatán, de época todavía más desconocida; y de los *ciclópeos,* de que quedan restos en Grecia, Asia Menor, las islas del mar Mediterráneo, España é

Italia), son los egipcios, asirios é índicos, de los cuales, especialmente de los primeros y últimos, quedan restos colosales que más parecen obras de gigantes que de hombres.

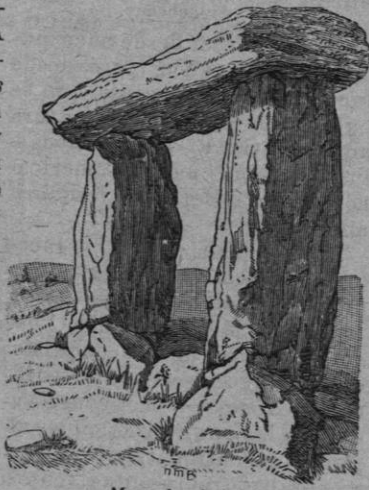
Los grabados que siguen representan varios monumentos megalíticos.

La figura primera reproduce una *piedra hita* de las muchísimas que hay en España, Francia, Inglaterra y otros países, y la segunda una *mesa de piedra*, abundantísimas también dondequiera. A ésas las llaman *dolmenes* en la Bretaña francesa, y *cromlechs* en la tierra de Gales, donde son comunísimas.



Piedra hita.

De muchas piedras hitas alineadas están formadas las famosas *alineaciones* de Karnac, situadas cerca del lugar de ese nombre en la Bretaña francesa, región que coincide próximamente con la antigua Armórica; y de gigantescas mesas colocadas en círculos, el antiquísimo y extraño monumento de Inglaterra llamado *Stonehenge* (palabra que en el antiguo idioma sajón, de que el actual inglés se deriva, significa *piedras suspendidas*). De ambos monumentos damos aquí reproducciones. Se ignora absoluta-



Mesa de piedra.

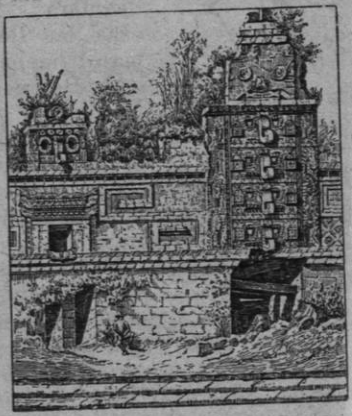
Alineaciones de Karnac.

UNED

mente por quiénes y en qué tiempo se construyeron los monumentos megalíticos, como también el objeto de ellos, haciéndose sobre el particular todo linaje de conjeturas.

Stonehenge.

Mayor ignorancia hay, si cabe, acerca del pueblo que edificó los templos y palacios de Yucatán, arruinados al parecer desde hace muchos miles de años; pero desde luego puede asegurarse que se hallaba en un grado de cultura muy superior al de los aztecas, incas y demás pueblos americanos de la época del descubrimiento.



Ruinas de un palacio en Uxmal (Yucatán).

De los aztecas y de los incas (que así se llamaban los pueblos que habitaban los territorios de Méjico y del Perú en el tiempo de la conquista) quedan algunos restos de edificaciones mejor ó peor conservadas, de las que reproducimos algunas á continuación. El primer grabado representa el teocali

Teocali de Tehuantepec.

Lugar de sacrificios inca.

(ó lugar de sacrificios) de Tehuantepec, en Méjico, y los siguientes un lugar de sacrificios, un palacio y un templo de los incas del Perú. Entre los monumentos de estos últimos son muy dignos

de nota los que se hallan en las orilllas del lago de Titicaca, primitivo asiento, á lo que se cree, de ese pueblo. Reproducimos también la vista de uno de esos monumentos.

Palacio inca.

De los llamados *ciclópeos,* fabricados con piedras enormes á medio labrar y sin interposición de argamasa, ya hemos dado algunos diseños en las páginas 111 y 112 al tratar de los aparejos de piedra. Se atribuye su construcción á los *pelasgos,* pueblo que habitó en

Fortaleza inca.

Ruinas de un templo en la orilla del lago de Titicaca.

Grecia, Italia, España y las islas del mar Mediterráneo antes de la época histórica, y del cual proceden en parte sus actuales pobladores.

De los monumentos pertenecientes á pueblos históricos del antiguo mundo, los más antiguos parecen ser los egipcios, algunos de los cuales se remontan á ocho mil años antes de nuestra era, y muchos á más de cuatro mil. Hállanse esparcidos por todo el valle del Nilo, desde sus desembocaduras hasta cerca de Etiopía, y de ellos los más notables son las ruinas de Tebas, que ocupan una extensión de veintitantas millas, y las Pirámides, situadas cerca de la relativamente moderna ciudad del Cairo y del paraje en que estuvo la antigua Menfis.

Las construcciones egipcias se distinguen, tanto por la enormidad de su tamaño, como del de las columnas, sillares y demás elementos arquitectónicos que las componen. Las Pirámi-

UNED

des son quizá los monumentos más enormes que hayan nunca fabricado los hombres.

Entre los monumentos indios, son famosos los templos de

Interior de un templo indio en Elora.

Las Pirámides de Egipto.

Elora, cavados hasta una profundidad de dos leguas en las entrañas de montañas de piedra que se extienden en una longitud de tres kilómetros cerca de la aldea de Rozah. Compónense de larguísimas galerías y salas inmensas sostenidas por enormes columnas. Uno de esos templos—el llamado de Kailasa—está formado por una sola enorme roca horadada, tallada y esculpida prodigiosamente.

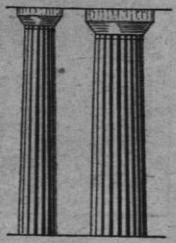
Vista interior de un edificio egipcio.

Las ruinas de las antiquísimas y celebérrimas ciudades de Babilonia y Nínive han sido descubiertas hace como sesenta años. Ocupan extensiones inmensas que demuestran la exactitud de las descripciones que de ellas nos dieron los autores antiguos. París, Londres y las ciudades mayores de nuestro tiempo, son, en cuanto á tamaño, verdaderas aldeas en comparación suya.

Si se atiende á la magnitud de los edificios y de los órganos arquitectónicos que los componen, y á las dificultades materia-

les que su construcción representa, originadas en el tamaño y dureza de las piedras de que están hechos, la arquitectura egipcia sería la primera, y serían admirables también la índica, la asiria y aun las de tiempo indeterminado, y difíciles de clasificar á qué pertenecen los monumentos megalíticos, ciclópeos y americanos; pero en cuanto á belleza artística, sólo la arquitectura griega realizó el verdadero ideal de ella tal como los pueblos de nuestra raza blanca y europea la conciben y la sienten.

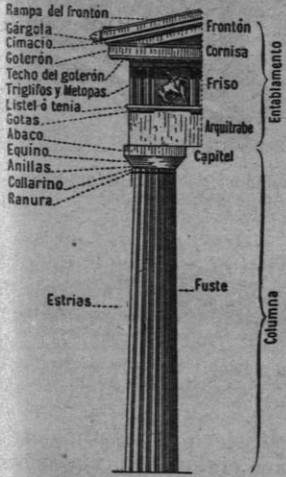
Tres son los órdenes griegos de arquitectura: el *dórico,* el *jónico* y el *corintio;* los tres fundados en el empleo de la columna y el arquitrabe como elementos principales é indispensables de la construcción, y recuerdo también todos ellos de las construcciones de madera en que al parecer se originaron; pues todos sus órganos son representación en piedra de los que constituyen los edificios hechos de aquel otro material.



1 2

1, columna dórica del último período; 2, columna dórica primitiva.

El orden dórico, que es el más antiguo, se distingue por su austeridad y por su solidez, no menos real que aparente. La columna, que es bastante más gruesa por la parte que descansa en el suelo que por la que sostiene el capitel, es acanalada y varía en altura desde cuatro hasta seis veces su mayor diámetro; el *entablamento,* que así se llama al conjunto del *arquitrabe, friso* y *cornisa,* tiene desde poco más de la mitad hasta algo más también de la cuarta parte de la altura de la columna, y los espacios entre columna y columna son ó iguales ó muy poco más anchos que el grueso de ellas. El capitel, desprovisto de adornos, sostiene sobre un ancho sillar, llamado *ábaco,* una platabanda también desnuda de adornos, llamada

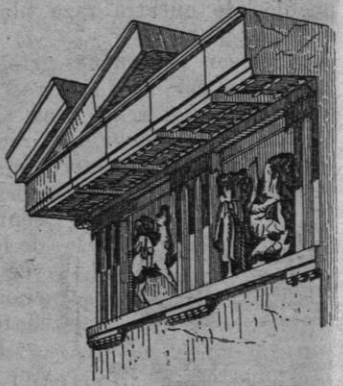


Orden dórico.—Columna y entablamento.

arquitrabe, sobre el cual descansa el *friso,* cuyos *triglifos* y *metopas* figuran las extremidades de las vigas y los espacios que las separan en las construcciones de madera, que por su mayor antigüedad recuerda el orden dórico todavía más que los otros. Sobre el *friso* descansa la *cornisa* de perfil sencillo y vigoroso que sostiene el frontón.

Al orden dórico pertenece el celebérrimo *Partenón* ó templo

El Partenón.



Orden dórico.—Detalles del friso del Partenón.

Orden dórico.—Templo de Neptuno en Pesto (Italia).

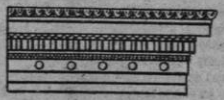
Orden dórico.—Frontón del templo de Egina (isla del Archipiélago griego).

de *Atenea,* la diosa de la sabiduría (la *Minerva* de los romanos), que aun arruinado como está desde hace siglos, todavía asombra por la serena armonía de sus proporciones. De ese edificio se ha dicho que es *luz petrificada:* tan maravillosa es su belleza.

De ese mismo orden dórico son los templos de *Pesto,* de los cuales el más notable estuvo consagrado á *Poseidon (Neptuno* entre los latinos), en aquella parte de Italia llamada *Magna*

UNED

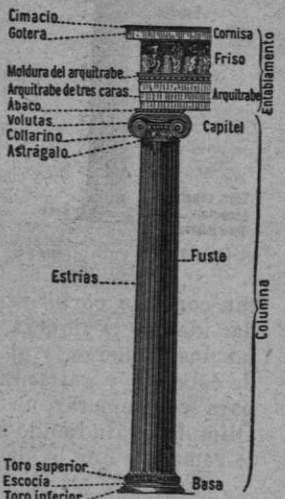
Grecia en lo antiguo, y el de Segesto en Sicilia, cuyas ruinas de uno y de otro causan impresión profunda en el ánimo de quien las contempla.



Orden jónico. — Arquitrabe, friso y cornisa del templo de Erecteo.

El orden *jónico* es más esbelto que el *dórico,* aunque menos varonil y noble. La columna, que es ocho ó nueve veces más alta que gruesa, y que reposa sobre un pedestal (lo que no sucede en el dórico, en que arranca directamente del *estilobato* ó plataforma corrida en que descansa todo el edificio), y cuyo capitel figura un cojinete terminado por los lados en sendas volutas, sostiene al arquitrabe, que se divide en tres fajas ó platabandas. No hay *triglifos* ni *metopas* en el *friso,* que es liso y llano; pero en cambio es más complicada la *cornisa.* El edificio más conocido de ese orden es el templo de Erecteo en Atenas.

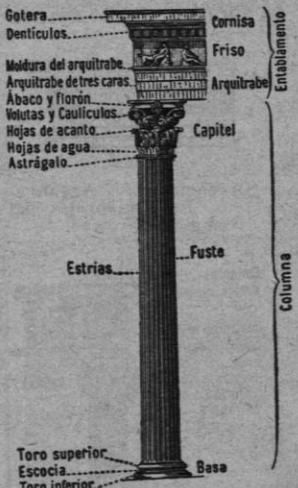
Orden jónico.—Templo de Erecteo en Atenas (restaurado).



Columna y entablamento jónicos.

El orden *corintio* se distingue por la elegancia y la riqueza de la ornamentación. La columna es todavía más prolongada con relación á su grueso que la jónica, pues tiene de altura como diez veces su diámetro, y lleva también canales ó estrías como la dórica y la jónica. El capitel tiene figura como de campana invertida cubierta de una doble fila de hojas de acanto

UNED



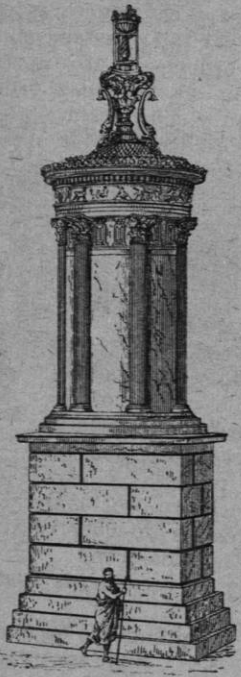
Columna y entablamento corintios.

coronadas por ocho pares de pequeñas volutas. El entablamento es semejante al jónico, pero todavía más complicado y cubierto de esculturas.

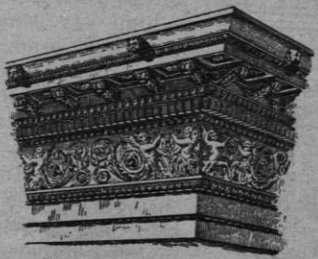
En Grecia quedan muy pocos restos de edificios de orden corintio, porque los romanos, á quienes agradaba en gran manera ese estilo, como lo demuestra el extraordinario uso que hicieron de él en todas sus construcciones, se llevaron á Italia casi todas las columnas, capiteles, frisos, cornisas y esculturas de los más de ellos. Consérvanse con todo en Atenas los restos, restaurados hoy, como los de varios de los otros monumentos que hemos citado, del elegantísimo «Monumento corágico de Lisícrates», que pertenece á ese orden arquitectónico.

Las figuras siguientes representan cornisas corintias, en escala suficientemente grande para dar idea de la riqueza y profusión de sus adornos y esculturas las dos primeras, y el citado monumento de Lisícrates, modelo de esbeltez y gallardía, la última. Fué erigido ese monumento para conmemorar un triunfo atlético en los famosos Juegos Olímpicos, aludiendo al premio recibido en ellos el trípode que lo remata y que le sirve de coronamiento.

Tanto de ese precioso monumento, como del admirable Partenón de Atenas, se han hecho multitud de imitaciones y de copias, sin igualar nunca la belleza de los originales. Buscando la razón de ese hecho, ha venido á descubrirse que existen en ellos irregularidades cometidas de todo intento en las distancias y en los aplomos, y que habidos en cuenta los puntos de vista en que el espectador tiene que situarse, contribuyen á dar á esos monumentos el aspecto aéreo y gentil que los distingue. Habían pasado inadvertidas al principio esas irregularidades, y sólo un muy minucioso examen y concienzudo estudio de esos monumentos verificado en los lugares mismos en que se encuentran ha podido descubrirlas y manifestarlas.



Orden corintio.—Monumento corágico de Lisícrates en Atenas.



Orden corintio.—Detalles de la cornisa.

Otra cornisa corintia.

Dentro de esos órdenes, se empleaban algunas veces en la arquitectura griega las *cariátides* y los *telamones* en sustitución de las columnas. Aplícanse esos nombres á ciertas estatuas de mujéres y de hombres, de las cuales, las primeras están vestidas y en actitud serena y reposada, mientras que las últimas se representan desnudas, de contextura atlética y como abrumadas por el enorme peso que gravita sobre sus hombros.

Las dos figuras que siguen representan una cariátide y un telamón. La cariátide figurada es una de las que hay en el templo de Erecteo; el telamón pertenece á un templo de Agrigente (hoy Girgenti), en la Italia meridional.

UNED

Los romanos, admirables ingenieros y constructores, pero que distaban mucho de ser tan artistas como los griegos, adoptaron sus órdenes de arquitectura, si bien estropeándolos en los llamados órdenes *dórico romano, toscano* y *compuesto*. Ellos, por su parte, habían heredado de los *etruscos*, pueblo de Italia con quien tenían gran relación por la sangre y por la historia, el *arco* y la *bóveda*, de que hicieron frecuentísima aplicación en las colosales obras públicas de que literalmente sembraron el suelo de su inmenso imperio.

Cariátide.

Telamón.

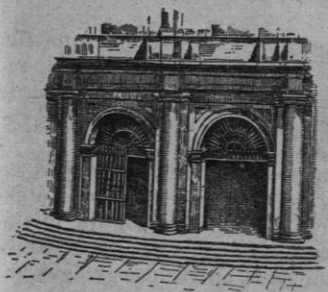
Demostraron su desconocimiento de las reglas del buen gusto combinando el arco, que era suyo propio, con la columna y el arquitrabe, que habían tomado de los griegos, en la construcción de esos arcos triunfales, portadas y otros monumentos artísticos que los arquitectos del Renacimiento y sus sucesores los de nuestro tiempo han imitado con deplorable frecuencia, demostrando, no ménos que los romanos, ó falta ó aberración de verdaderos instintos estéticos.

Por las figuras que siguen puede comprenderse en qué consiste ese irracional maridaje de los órdenes griegos con el arco en que se condena á miembro arquitectónico tan noble y principal como la columna al papel de apéndice meramente ornamental, para sostener un arquitrabe tan ocioso é inútil como ella en construcciones cuyo verdadero soporte es el arco que ambos encuadran. En la primera, que representa el circo de Nimes conocido por el nombre de *Arenas*, pueden verse las columnas adosadas, todo en torno de la fábrica en ambos pisos de ella, en

Arenas de Nimes.

UNED

cuadrando con los fingidos arquitrabes á los arcos, que son los que verdaderamente la sostienen. La segunda representa la portada de una iglesia moderna del mismo estilo. En la tercera,



Portada moderna de iglesia.

Arco de triunfo (Tarragona).

que representa un arco triunfal romano que se conserva en Tarragona, el quebrantamiento de las leyes de la estética es aún más grave, por aplicarse capiteles corintios no á columnas, sino á las pilastras adosadas y medio empotradas en el muro que las sustituyen.

Combinaciones condenadas hoy por todos los críticos de arte. La belleza de los monumentos romanos consiste en la soli-

Panteón (hoy Santa María la Redonda).

Palacio de Xerjes, en Persépolis.

dez y en la grandeza. Ya en otro lugar de este libro hemos mencionado algunos de ellos y dado diseños de otros. Este cuya

UNED

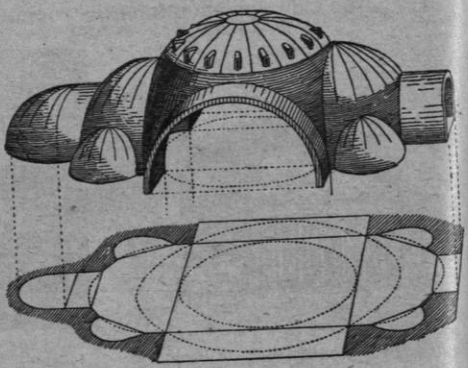
vista damos ahora representa el Panteón, famoso por la grandiosidad y atrevimiento de la bóveda circular que constituye su techo, la que se levanta sobre el muro también circular del edificio, y á que debe éste el calificativo de *Rotonda* con que es generalmente conocido.

Derivado de los primitivos estilos asirios, se supone que fué el pérsico, que se modificó, andando el tiempo, bajo la influencia de los estilos griegos. Como muestra de un edificio persa de la época más floreciente de ese pueblo, damos adjunto un grabado que representa el palacio de Jerjes, en Persépolis.

El estilo *bizantino* de arquitectura combinó también el *arco* con la *columna;* pero devolviendo á ésta la importantísima función de miembro fundamental é indispensable de la construcción que entre los griegos tuviera, la convirtió en soporte del arco, que vino á sustituir al arquitrabe. Supo sacar también admirable partido del arco y de la bóveda en la construcción de cúpulas múltiples sostenidas en machones, cuyos más famosos monumentos son las iglesias de Santa Sofía, de Constantinopla, convertida desde hace cuatro siglos y medio en mezquita musulmana, y la de San Vidal, de Ravena.

Capiteles bizantinos.

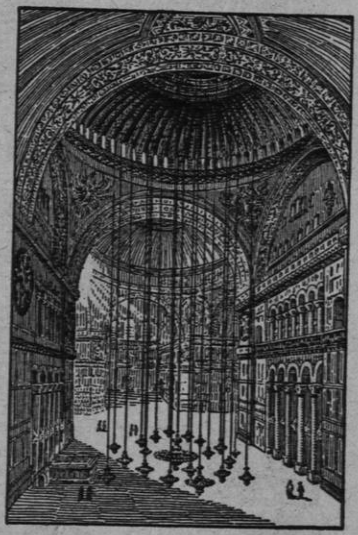
De los tres grabados que siguen, el primero, que representa una perspectiva vertical y otra de la proyección horizontal de las cúpulas de Santa Sofía, da idea muy clara de su estructura; el segundo y el tercero son vistas exterior é interior del mismo monumento.



Reminiscencias de ese estilo, reunidas á la inspiración natural de pueblos profundamente religiosos, pero poco hábiles en el arte de construir, y á la necesidad de aprovechar materiales de los innumerables edificios antiguos des-

truídos por las guerras y las invasiones, produjeron en el Occi-

Exterior de la iglesia de Santa Sofía.

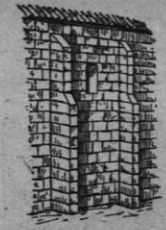


Interior de la iglesia de Santa Sofía.

dente de Europa el estilo llamado *románico,* que duró desde el siglo X hasta el XIII, y del que hay muchísimos monumentos en España, Francia, Italia, Inglaterra y Alemania. Lo caracterizan el arco de medio punto; la interpolación de las columnas y de los pilares con pilares en que hay embutidas columnas hasta la mitad de su espesor; los capiteles caprichosamente adornados por una fauna y flora fantásticas y á veces torpísimas; las ventanas *geminadas* ó de vanos partidos en dos ó en tres huecos por columnillas como las de los *ajimeces* moriscos; los *ábsides* marcándose en salientes semicirculares por la parte exterior de las iglesias; los *botareles,* reforzando también por lo exterior de los muros las partes de ellos que sufren los empujes de las bóvedas; los frisos ó cornisas formados de canecillos, dientes, ondas, almenas y otros adornos.

A varios de los dichos miembros arquitectónicos se refieren los grabados de las dos páginas siguientes, en la segunda de las cuales se representan tres famosos monumentos románicos: la catedral de Spira, en Alemania; la iglesia de Nuestra Señora del Puerto, en Claramonte de Auvernia, y la capilla de San Zenón, en Verona.

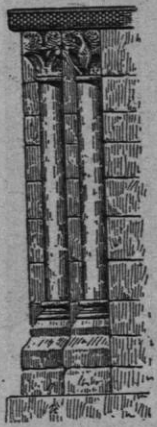
A ese mismo estilo, que en Inglaterra suele llamarse muy impropiamente *sajón,* y en Italia, con no menor impropiedad, *lom-*



2

7

16



1

15

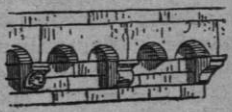
14

5

6

13

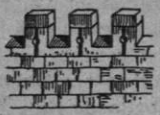
11



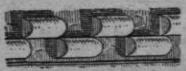
12

3

4



10

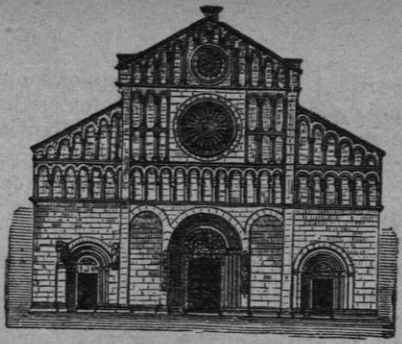


9

8

Estilo románico: 1. columnas empotradas en un pilar; 2, botareles; 3 y 4, capiteles sencillos; 5 y 6, ventanas geminadas; 7, portada; 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, besantes, modillones, almenas, canecillos, arquetas y otros adornos de cornisas; 16, bóveda.

Catedral de Spira.



Capilla de San Zenón, en Verona.

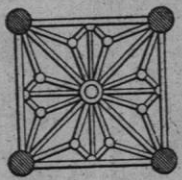
Iglesia de Nuestra Señora del Puerto, en Claramonte de Auvernia.

bardo, pertenecen muchísimos monumentos de Castilla, de Galicia y de Cataluña, entre los cuales, por citar algunos, mencionaremos las catedrales de Santiago y vieja de Salamanca, y el monasterio de Poblet.

Suele llamarse también *monacal* á ese estilo, por suponerse que fué inventado y empleado por los monjes cisterciences, especialmente por los del monasterio de Cluny, los cuales fundaron en toda Europa, y particularmente en España, donde fueron muy protegidos por los príncipes que gobernaban los diversos reinos cristianos en que entonces se dividía, multitud de monasterios, de los cuales algunos, como el de Sahagún, que ya no existe, y el ya citado de Poblet, fueron famosísimos.

Al estilo *románico* sucedió en el Occidente de Europa el llamado muy impropiamente *gótico,* que se distingue por el arco apuntado; los pilares formados por haces de columnillas con los capiteles adornados de esculturas reproduciendo la flora indígena; el empleo de *arbotantes* para contrarrestar por la parte exterior de los muros los empujes de las bóvedas; el predominio de las líneas verticales sobre las horizontales, de los vacíos sobre los llenos, y de los perfiles angulosos sobre los redondos en las techumbres y en la parte superior de las superficies, predominio que se manifiesta muy especialmente en profusión de agujas y pináculos, que contribuyen, por otra parte, á la solidez de los edificios gravitando sobre aquellas partes de ellos que soportan los empujes de los arcos y bóvedas; y en la tendencia general á la forma picuda, angulosa y piramidal en las líneas generales y en el conjunto de la construcción.

Las bóvedas formadas por nervios que arrancando de cada pilar van á los inmediatos en sentido paralelo, perpendicular y diagonal á la dirección de la nave, ya empleadas en edificios del último período del estilo románico, y los grandes ventanales y rosetones de vidrios de colores, son también propios del gótico. Sólo en el país de Flandes, en cuyas ciudades de Amberes, Bruselas, Brujas y otras, hay antiguos y admirables edificios civiles, públicos y particulares, de estilo gótico, puede decirse que se haya aplicado á otra cosa que á la construcción de edificios consagrados al culto cristiano, para cuyos ideales y representaciones simbólicas parece más

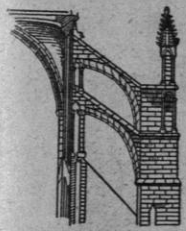


Bóveda de nervios vista desde abajo.

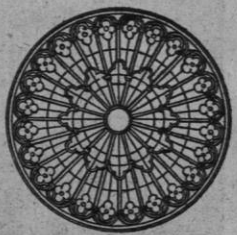
adecuado que ningún otro. Se ha discutido mucho, y todavía se sigue discutiendo, acerca de la época y el país en que tuvo

Ventanales.

Aguja ó pináculo.



Arbotantes.

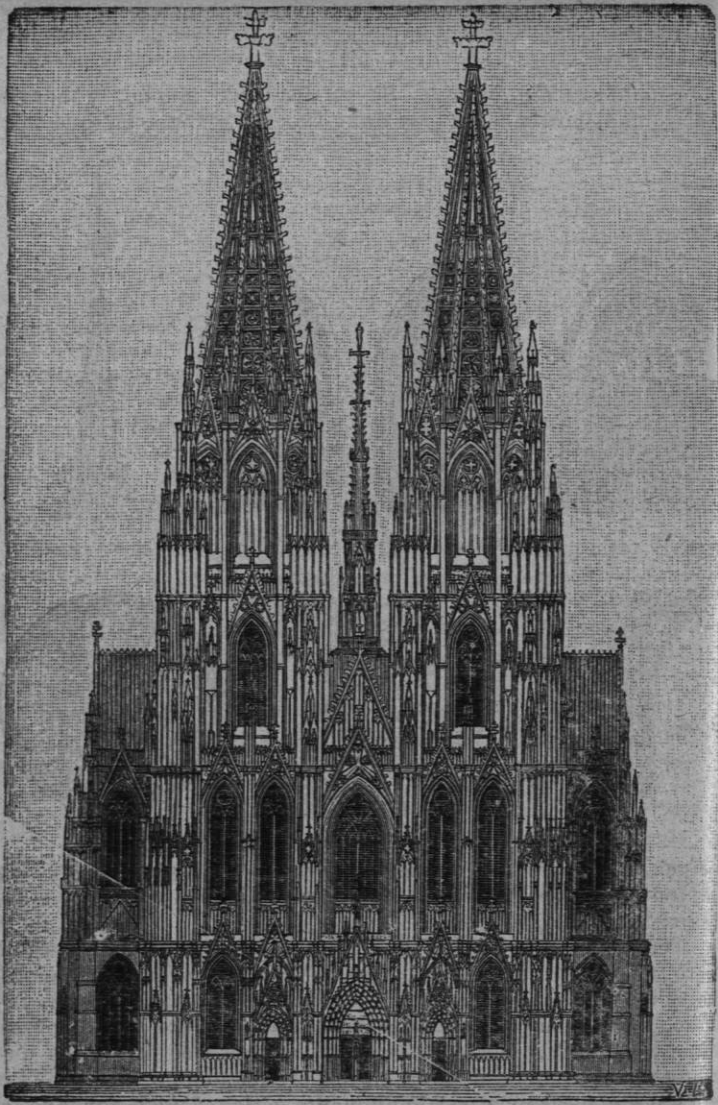


Rosetón.

origen, hallándose las opiniones divididas en favor de la región septentrional de Francia, de Alemania y de las comarcas ribereñas del Rhin.

Duró ese estilo desde el siglo XII, en cuya segunda mitad tuvo principio, hasta el XV, y entre algunos arquitectos españoles que tuvieron por él especial predilección, hasta muy avanzado el XVI, en que se construyeron de él varios monumentos admirables. Pero no dejó de experimentar modificaciones durante el curso de esos tres siglos, acabando en el último de ellos por constituir el estilo llamado *gótico florido,* en que la

UNED



La catedral de Colonia.

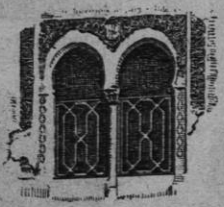
excesiva profusión de adornos le hizo perder mucho de su primitiva sencillez y de su hermosura.

De algunos de sus elementos característicos dan idea la figura que sigue y las de las páginas anteriores, de las cuales, la de la 182 representa la catedral de Colonia, considerada universalmente como prototipo de los monumentos de ese estilo.

Portada gótica en proyecciones vertical y horizontal.

El estilo llamada entre nosotros *morisco,* y que se presenta en infinita variedad de formas con sendas denominaciones en todos los países dominados en uno ú otro tiempo por los musulmanes desde la lejana India hasta España, parece producto confuso y abigarrado de multitud de influencias antiguas y modernas, extrañas y espontáneas, generales y locales.

Más que la forma del arco, pues las reviste muy diversas y caprichosas, ni la disposición general de los edificios, ni el empleo de tal ó cual importante elemento arquitectónico, caracteriza á ese estilo la prodigiosa complicación en el ornato de todas las partes, hasta las más insignificantes, de los edificios. Los arcos, cualquiera que sea su forma, son casi siempre angrelados, recortados ó festoneados en mil varias figuras; las bóvedas imitan estalactitas; las superficies todas están cubiertas de arabescos dorados, plateados y de infinitos colores y matices, en que, combinándose y entrelazándose líneas rectas y curvas en complicadísimas figuras geométricas, hacen que se desvanezca la vista de quien pretenda seguirlas y descubrir la ley á que obedecen en su desarrollo.



Ajimez.

Los *ajimeces,* que así se llaman las ventanas partidas por columnillas, como la que el adjunto grabado representa, son de frecuente empleo en ese estilo.

De ese estilo morisco, bien que correspondiente á tiempos

UNED

muy distantes entre sí, tenemos tres monumentos famosos en España: la que fué Mezquita de Córdoba, el Alcázar de Sevilla y la Alhambra de Granada.

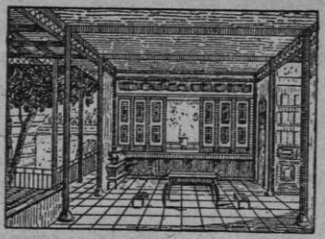
Capitel de columna de estilo árabe de la Aljafería de Zaragoza.

Una sala de la Alhambra.

Capiteles de columna de estilo árabe de la Aljafería de Zaragoza.

UNED

Casa japonesa.



Interior de una casa china.

Templo chino.

UNED

Hay otros estilos de arquitectura mal estudiados y clasificados, siéndonos todavía poco conocida la historia de los pueblos á que corresponden. Me refiero á los estilos chino, japonés, coreano, tibetano y otros del remoto Oriente. Así como los estilos egipcio é indico parecen haberse originado en la gruta, y los griegos en la cabaña ó vivienda rústica de madera, los del remoto Oriente parecen derivarse de la tienda de campaña, como puede comprenderse por el examen de los grabados de esta página y de la anterior. Una de las cualidades característi-

Templo chino.

Templo japonés.

cas de los estilos de arquitectura de los chinos y de los japoneses, es la poca consistencia y fragilidad de los materiales de que construyen sus edificios, causa, sin duda, de la carencia entre ellos de grandes monumentos de época remota como los que en tan gran número poseen los pueblos occidentales. La madera, la laca, la porcelana y hasta el cartón, éste principalmente para tabiques y otras partes interiores de los edificios, son materiales de uso frecuente en sus construcciones.

CAPÍTULO XXII

Otras aplicaciones de las piedras.—Estatuas.—Reproducción de obras artísticas.

Algunos mármoles y otras piedras calizas de contextura compacta y homogénea y de grano muy fino que se cuentan entre las piedras de construcción, son empleadas hoy por los escultores; pero de ciertos granitos, basaltos, pórfidos, berilos, sienitas, dioritas y otras piedras durísimas de que solían fabricarse en la antigüedad columnas, obeliscos y estatuas, sólo se hacen hoy generalmente objetos menudos, en cuya fabricación también se emplean el cristal de roca, el ágata, la malaquita, el lapizlázuli y otras piedras que se comprenden casi en la categoría de las preciosas. Sólo en rarísimos casos, y generalmente por cuenta de Estados para conmemorar acontecimientos muy extraordinarios ó para honrar la memoria de hombres ilustres, se hacen en nuestro tiempo monumentos de siquiera mediano tamaño, como sarcófagos, estatuas ú otros semejantes, de algunas de tales piedras, empleándoselas ordinariamente, á lo sumo, en jambas y repisas de chimeneas, tablas de mesas y otras piezas accesorias de arquitectura ó de mueblaje.

Antiguamente solían ser los mismos artistas quienes tallaban y esculpían sus obras en piedra, copiando las que ellos mismos habían ejecutado en barro, en yeso ó en otras materias más dóciles y fáciles de labrar; pero ahora lo más común es que se limiten á hacerlas en barro, encomendando á marmolistas el reproducirlas en piedra, á menos que hayan de ser fundidas en bronce, hierro ú otro metal, en el cual caso sólo falta vaciar en hueco el modelo para la fabricación de los moldes.

Los alumnos de Don Juan estaban lo bastante prácticos en los trabajos de modelado en barro y en yeso para comprender perfectamente todas las explicaciones que él les dió sobre es-

cultura y tallado de estatuas y otros objetos artísticos, como sobre el procedimiento seguido hoy para reproducirlos, untándolos primero de aceite ó de jabón para que no se les pegue el yeso en que han de ser envueltos, y cubriéndolos después de una gacha ó papilla bastante espesa de esa última materia dividida en secciones convenientemente dispuestas para que sean fáciles de separar después de solidificadas, y puedan, reunidas cuando sea necesario, formar un molde en que vaciar cuantos ejemplares se quiera del objeto original.

De las tres artes llamadas *gráficas,* que son la arquitectura, la pintura y la escultura, esta última es la que está más en decadencia, particularmente en la parte de ella relativa á la construcción de imágenes de hombres y animales, llamada *estatuaria.* Ni en mérito artístico ni en número pueden compararse la obras modernas con las antiguas. Las ciudades antiguas abundaban tanto en estatuas, que á pesar de la terrible destrucción que en diversas épocas hicieron de ellas los *iconoclastas* ó destructores de imágenes, los mahometanos, cuya religión es contraria á ellas, y los cristianos de los siglos IV, V y siguientes en odio al paganismo que esas estatuas recordaban, destrucción decretada por varios edictos imperiales y tan efectiva que en el texto del cuarto de esos edictos promulgado por Honorio se manifiesta la duda de que quedase todavía alguna por destruir, han llegado muchísimas á nuestro tiempo, desenterradas muy de ordinario de los lugares adonde habían sido arrojadas después de rotas, ó en donde las habían escondido los amantes de ellas para preservarlas de los insultos y mutilaciones del populacho y de las autoridades que hacían causa común con el populacho.

La mayor parte de esas antiguas estatuas ó de esos antiguos grupos estatuarios descubiertos en los tiempos modernos, se hallan repartidos por los museos de Italia, Francia, Inglaterra, Alemania, Rusia y otros países de Europa. De esas antiguas obras de arte, unas son las primitivas originales y otras muchísimas copias de ellas en su propio tamaño ó en escala reducida, lo que ya en la antigüedad, lo mismo que hoy, constituía un importante ramo de industria y de tráfico, siendo, merced á esas reproducciones, universalmente conocidas las mejores de ellas. En la imposibilidad de mencionarlas todas, ni siquiera las muy importantes, damos á continuación grabados que repre-

UNED

sentan el Apolo llamado *del Belvedere,* el *grupo de Laoconte* y una estatua de *Niobe,* de las varias que se han encontrado, la cual formaba parte de una escena ó grupo escultórico que deco-

El Apolo del Belvedere.

El grupo de Laoconte.

Niobe.

raba el frontón de un templo griego, y que representaba la muerte dada á flechazos á los doce hijos de Niobe por Apolo y Diana.

Las tres obras son griegas, aunque encontradas en Italia: la primera se cree que de Calamis, escultor ateniense; la segunda de Agesandro de Rodas, ayudado por sus hijos Polidoro y Atenodoro; la tercera del famoso Praxiteles, según unos, ó de Escopas, según otros.

La estatua de Apolo, encontrada á principios del siglo XVI cerca de la ciudad de Ostia, y llamada *del Belvedere* por hallarse en el patio de ese nombre en el Vaticano, representa al dios de ese nombre después de haber disparado la flecha que mató á la serpiente Pitón: alegoría del triunfo de la luz sobre las tinieblas; pues Apolo, en la mitología griega, era el dios de la luz y una de las varias personificaciones del Sol.

El grupo de Laoconte, descubierto en 1506 en Roma, es la reproducción por la escultura de un pasaje de la *Eneida* (*) en que se refiere la muerte de Laoconte, sacerdote de Neptuno, y de sus dos hijos, ahogados por unas serpientes; suceso que supone el poeta ocurrido á la orilla del mar frente á los muros de Troya.

(*) La *Eneida* es un famosísimo poema épico latino en que Virgilio, su autor, refiere las fabulosas aventuras de Eneas, héroe troyano hijo de la diosa Venus y de Anquises, y á quien supone progenitor del pueblo romano.

UNED

Niobe, según la mitología, despreciaba á su hermana Latona porque sólo tenía dos hijos—los dioses Apolo y Diana—mientras que ella tenía doce; desprecio que vengaron Apolo y Diana matándoselos todos ellos á flechazos, que es lo que representaba el grupo de que la estatua de Niobe aquí reproducida formaba parte. Ese hecho, desde luego fabuloso, debe de encerrar alguna oscura alegoría, porque entre los griegos se suponía que perecían heridos por las flechas de Apolo los varones que morían repentinamente, y por las de Diana las hembras.

El sabio padre Barthelemy (*) calcula que sólo en Roma han sido desenterradas en los tres siglos últimos unas setenta mil estatuas; hecho que al dar idea del incalculable número que allí deba de haber de ellas, hace verosímil la afirmación de Plinio (**) de haber en la Roma de su tiempo más estatuas que habitantes; hecho que, descontada su indudable exageración, se explica por los despojos que los romanos hicieron en Grecia, cuando la conquistaron, de innumerables objetos de arte que transportaron á Italia. La estatua que sigue, conocida por el nombre de *El gladiador herido*, es también famosísima, ignorándose, como de otras muchas, quién fuera su autor. En Egipto se han descubierto también muchísimas estatuas, y las más de ellas en nuestros mismos días. Sólo de una excavación de las inmediaciones de Karnak, lugar situado en terrenos de la antigua ciudad de Tebas, iban desenterradas en Enero de 1905 cerca de nueve mil, de las cuales unas ocho mil son de bronce dorado, y más de quinientas de granito, basalto, berilo, piedra caliza, madera petrificada y otras materias.

El gladiador herido.

La escultura egipcia tiene más de convencional y de fantástico que de artístico, siendo común en ella la representación de seres quiméricos, como hombres con cabezas ú otros miembros

(*) El padre Barthelemy fué un famoso anticuario francés que vivió en el siglo XVIII.

(**) El Plinio aquí mencionado es, de los dos autores latinos del mismo nombre, el llamado «el Viejo» ó «el Naturalista», que vivió, lo mismo que el otro, en el primer siglo de nuestra Era cristiana. Escribió una famosa obra sobre Historia Natural y murió sofocado por las emanaciones del Vesubio al pretender estudiar de cerca la célebre erupción que destruyó á Pompeya.

de animales reales ó fabulosos, ó, cuando menos, en actitudes y posturas extremadamente rígidas. Con todo, los estudios profundos y concienzudos verificados en nuestros días sobre el antiguo Egipto, han demostrado que en época remotísima tuvo la estatuaria en ese país carácter tan natural y realista como vino después á adquirirlo de convencional y sumiso á cánones invariables, impuestos, á lo que se cree, por los dogmas religiosos. A ese Egipto primitivo pertenecen las dos estatuas correspondientes á los adjuntos grabados, las cuales tienen más de cuatro mil años de fecha, y que se distinguen, particularmente la primera, que es de madera, por su naturalidad y realismo. La segunda, que se cree efigie del rey Chefren, constructor de la segunda de las grandes pirámides, es de diorita, piedra más dura todavía que el basalto.

Estatuas egipcias primitivas.

Desde el punto de vista artístico, merece poca atención la escultura asiria, muy dada también á la representación de seres fantásticos como el del adjunto grabado, descubierto en el siglo último en el asiento de la antigua Nínive. La escultura asiria es tan copiosa en bajo-relieves como escasa en estatuas y figuras de bulto.

Estatua asiria.

No debemos dejar de mencionar en este capítulo algunas obras de estatuaria moderna. Los grabados siguientes representan tres de las más conocidas por las muchas reproducciones que corren de ellas: el *Mercurio volando,* de Juan de Boloña, artista del siglo XVI; *Ariadna sobre la pantera,* del escultor alemán Dannecker, que vivió en el siglo último, y *Teseo vencedor del Minotauro,* del insigne Antonio Canova, escultor italiano del siglo XVIII

y quizá el mejor que haya habido después de Miguel Angel.

Teseo vencedor del Minotauro.

Ariadna sobre la pantera.

Mercurio volando.

En tiempos muy anteriores á la historia, cuando todavía no habían llegado los hombres al conocimiento y uso de los metales, eran de piedra las armas y casi todos los instrumentos de trabajo que son de hierro y de otros metales entre los pueblos civilizados. Todavía hoy sucede lo mismo entre muchos pueblos atrasadísimos de la Oceanía y de otras regiones poco exploradas, y sucedía hace cuatro siglos en toda la América y sus islas, cuyos naturales, fuera de los del Perú, que conocían y trabajaban el cobre, sólo disponían del oro y la plata, metales inadecuados para fabricar aquellos instrumentos. Por eso es más admirable que entre los mejicanos del tiempo del descubrimiento pudieran labrarse bajo-relieves y esculturas en piedra como la que el adjunto grabado reproduce.

Estatua mejicana.

Pero desde los tiempos históricos más remotos y entre los pueblos civilizados, sólo se hacen de piedra, incluyendo bajo este nombre á las pizarras, la mica, el talco, el cristal de roca y las piedras llamadas preciosas, edificios, puentes, muelles, diques, acueductos y otras grandes obras y accesorios de ellas; altares, obeliscos, estatuas, sepulcros y

otros tales monumentos; ruedas de molino y de afilar herramientas; filtros, morteros, rodillos ó pisones para allanar caminos y triturar tierras y otras materias; partes accesorias de muebles, y mil objetos menudos, como mangos de instrumentos, plegaderas, tinteros, pisapapeles, pizarras para escribir, lápices de dibujo, lentes de anteojos y de otros instrumentos ópticos, hojas de linterna ó de ventana, centros de ejes de relojes y mil pequeñas obras artísticas de joyería: desde sellos y camafeos, hasta anillos, broches, zarcillos, pulseras y otras alhajas de que forman las piedras la parte principal ó en que entran como adorno.

Como muestra de objetos modernos de piedra damos los anteriores grabados, que representan cajitas de perfumes, pomos para lo mismo, muñecos ó figurillas grotescas, una piedra de molino y un almirez ó mortero. Todos los muñecos representados son de factura japonesa, pueblo ése, como el chino, habilísimo en esa clase de trabajos, lo mismo en piedra que en madera, marfil, porcelana y otras materias.

CAPÍTULO XXIII

La madera.—Empalmes y ensambladuras.—Varias clases de maderas.—Sierras.—Herramientas de carpintero.—Casas de madera.—Casas rústicas.

Acabada de construir por los alumnos de Don Juan la zapata de ladrillos con las esquinas de piedra de la casa, la emprendieron con la obra de madera, que, aunque sin duda la más larga y difícil, se la allanaba á ellos la costumbre que tenían de hacer ese género de trabajos.

Como la casa era de planta cuadrada y llevaba una puerta en medio de cada lado, había que cubrir ocho tramos de zapata con durmientes, los cuales tenían que ir ensamblados á escuadra dos á dos por los extremos de ellos correspondientes á las esquinas.

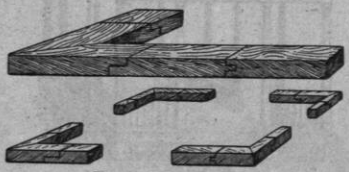
Medidos los tramos, que naturalmente eran iguales, se procedió á labrar las alfardas que habían de descansar en ellos, empalmando y acoplando los diversos trozos que había á mano, y ensamblando después á escuadra cada dos de esos trozos. Se practicó en sus caras las escopleaduras en que habían de alojarse las espigas de los doce pilares ó estantes que habían de sostener la techumbre, á los cuales, además de esas espigas, hubo que hacer otras en los extremos opuestos para que encajasen en las correspondientes hembras de las cuatro soleras que iban sobre los cuatro lados de la casa. Esos pilares, que

UNED

habían de ser torneados en casi toda su longitud, llevaban, además, escopleaduras como á vara y media de su base para que sostuvieran la baranda que había de correr por todo el contorno de la fábrica.

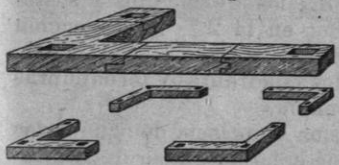
Se entenderá mejor lo que acaba de decirse por las figuras

FIG. 1.ª



FIGS. 2.ª Y 3.ª

adjuntas. La 1.ª representa la colocación de un tronco sobre caballetes para proceder á labrarlo con el hacha, la azuela y el cepillo; las 2.ª y 3.ª demuestran la forma en que quedaron los durmientes en una de las esquinas de la zapata y en todo el contorno de ella; las 4.ª y 5.ª nos presentan esos mismos durmientes con las escopleaduras abiertas para recibir las espigas de las columnas, y la 6.ª una de esas columnas, en la que pueden distinguirse la parte torneada y la escuadrada, las espigas de arriba y de abajo y la escopleadura destinada á recibir la baranda.



FIGS. 4.ª Y 5.ª

FIG. 6.ª

Labráronse las soleras por el mismo sistema de empalmes y acoplamientos que los pilares y durmientes, así como las cuatro llaves que, cruzándose en el centro de la casa, iban á descansar sobre las soleras en aquellos puntos de ellas en que encajaban los pilares que servían de quicios á los trozos giratorios de la baranda que hacían de hojas de las puertas; pero en la fabricación de las llaves se puso especial cuidado, asegurando con argollas de hierro las ensambladuras, porque cruzaban de parte á parte la casa desde cada solera á la de enfrente sin ningún apoyo intermedio.

Para dar más trabazón á ese sistema de durmientes, pilares,

UNED

llaves y soleras, se ligó entre sí á todos esos maderos por medio de cuadrantes y tornapuntas, cuya colocación exigió numerosas espigas y escopleaduras.

Las figuras 1.ª, 2.ª y 3.ª aclaran lo dicho. En la 1.ª pueden

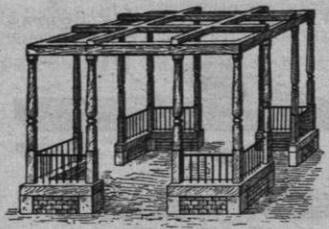


FIG. 1.ª

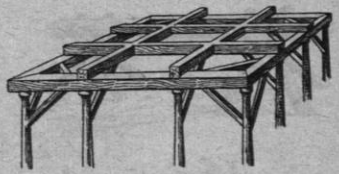


FIG. 3.ª

verse las columnas ya colocadas sobre los durmientes y sosteniendo las alfardas y vigas del techo; en la 2.ª, la proyección horizontal de estas últimas; y en la 3.ª, el mismo techo ya reforzado con los cuadrantes y tornapuntas á que se ha hecho referencia.

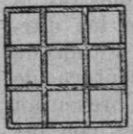


FIG. 2.ª

En el zoquete en forma de prisma de ocho caras inscrito en un círculo de ocho pulgadas de diámetro situado en la cúspide de la casa, entraban á espiga las cuatro limas, que se apoyaban por sus extremos opuestos en las esquinas de ella donde se reunían las soleras; limas que sostenían, mediante las piezas de alfajía de cuatro pulgadas de ancho por dos de grueso que

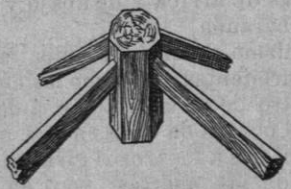


FIG. 4.ª

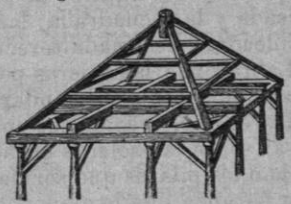


FIG. 5.ª

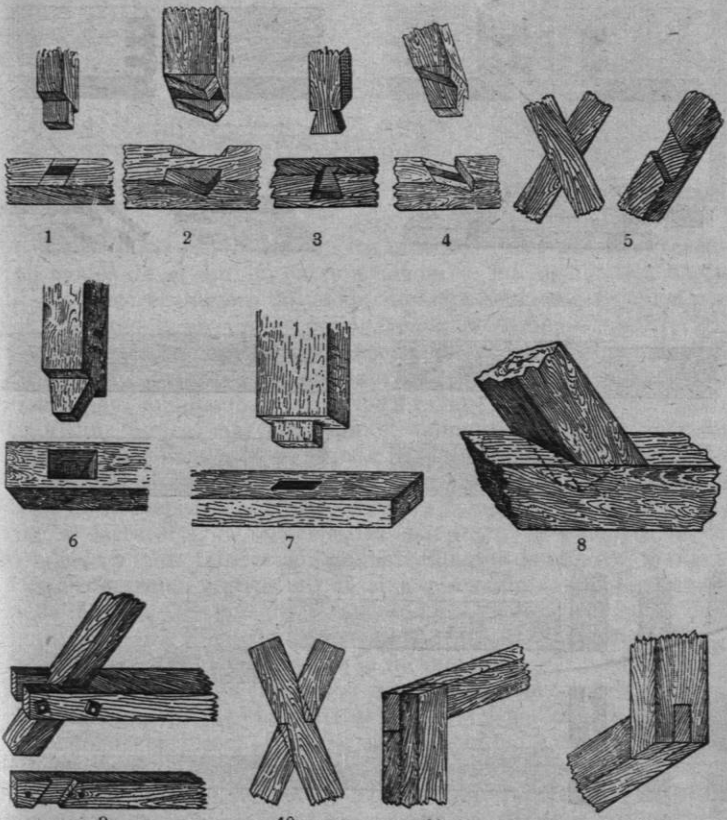
hacían de viguetas, toda la tablazón de la techumbre. Las figuras 4.ª y 5.ª aclaran lo dicho.

El trabajo de labrar todas esas piezas, así como el eje del globo, que se hizo al mismo tiempo que ellas, y el de transpor-

UNED

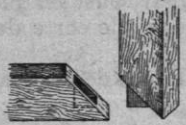
tarlas y colocarlas en su lugar, puso en planta varios problemas de carpintería, de herrería, de corte de maderas y de Mecánica.

Para dar una idea muy ligera de algunas de las innumerables maneras que hay de ligar ó ensamblar maderos unos con otros, damos las figuras siguientes, que hacen innecesaria toda explicación.

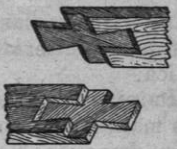


UNED

13



14



15

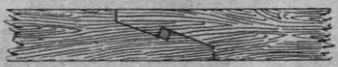
16

17

18

19

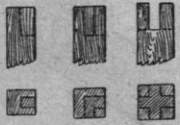
20



21

23

25

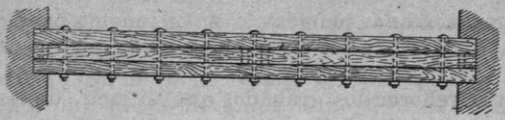


22

24

26

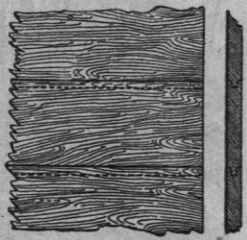
UNED



27

30

28



29

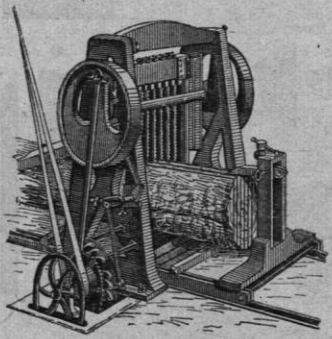
31

Las figuras señaladas con los números del 1 al 14 representan modos de ensamblar entre sí maderos; las siguientes, hasta la que lleva el número 26, modo de empalmarlos ó ligarlos por los extremos y en prolongación unos de otros; y las 27, 28, 29 y 30 (ésta en corte que representa la sección de los maderos acoplados y rodeados por una abrazadera de hierro), disposiciones para acoplarlos ó juntarlos á lo largo formando uno solo. La última figura, marcada con el número 31, indica uno de los varios sistemas que se siguen para ensamblar tablas por los cantos. Son muchísimas las clases de madera de que disponen las artes de la construcción, así terrestre como naval, la carpintería, la carretería, la tornería, la escultura, la ebanistería, la tonelería y la de fabricación de instrumentos de música, mangos ó astas de armas y otros mil objetos que suelen ó pueden hacerse de madera. Además de las muchas maderas de Europa, Occidente de Asia y Norte de Africa, hay innumerables otras, americanas, africanas y asiáticas, que no suelen incluir los catálogos europeos, y entre las cuales hay muchísimas muy notables, unas por la hermosura de sus matices y aguas y por el pulimento de que son susceptibles; otras por su compacidad y dureza, tales, á veces, que ni se dejan trabajar por herramientas, ni se sostienen en el agua; otras por la elasticidad, incorruptibilidad y otras excelentes cualidades que poseen en altísimo grado.

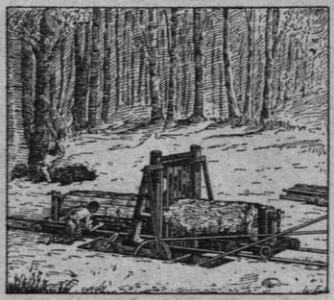
UNED

Las maderas son aserradas primero, ó en el mismo paraje en que se las corta, ó cerca de él, para economizar gastos de transporte.

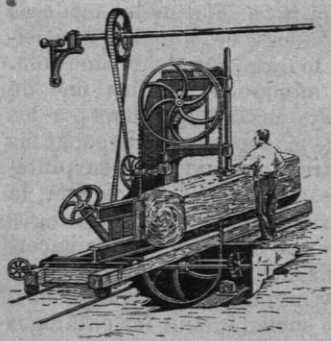
A esa operación se refieren los grabados que siguen, de los



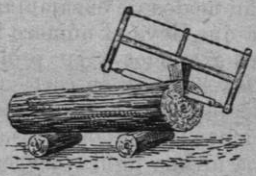
1



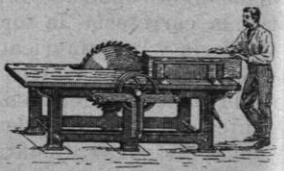
2



3



4



5

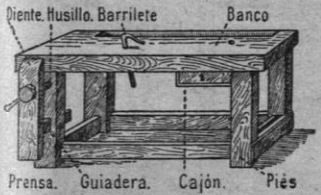
cuales el 1 y el 2 representan una sierra mecánica de varias hojas para obtener sendos tablones de una sola vez; el 3, otra cuya única hoja es una cinta sin fin de acero; y el 4, una sierra de mano ordinaria aserrando un tronco. La cuña que se ve in-

UNED

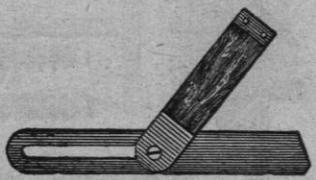
troducida en la hendidura de este último tiene por objeto ensancharla separando sus paredes para que no opriman excesivamente á la hoja de la sierra y hagan penoso el trabajo. El 5 representa una sierra mecánica de hoja circular. En las de esta clase el movimiento de la sierra no es de vaivén (como tampoco lo es en la de cinta sin fin atrás representada), sino giratorio y rapidísimo.

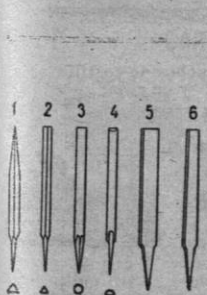
Redúcese la madera á vigas, alfardas ó tablas, según el uso á que se la destine. En una ú otra forma pasa á manos de carpinteros, torneros, escultores ó ebanistas que la cortan y labran con las herramientas propias de sus oficios, que son sierras, serruchos, hachas, martillos, cepillos, garlopas, trinchas, escoplos, formones, gubias, barrenas, azuelas, escofinas y muchas otras de muy diversas figuras, según el trabajo que hayan de ejecutar.

De algunos de esos instrumentos, así como de otros como el compás, la escuadra, el bramil, el torno, el banco y algunos más propios de esas artes dan idea los grabados siguientes.



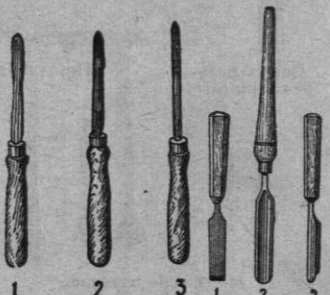
Banco de carpintero.


Falsa escuadra.



Limas y escofinas.

Acanalador.



Gubias, escoplos y formones.

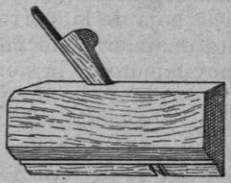
Herramientas é instrumentos de carpintería.

UNED

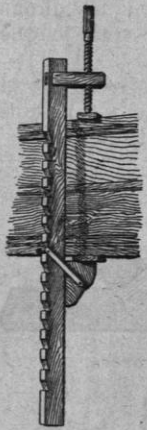
Cepo ó gato de carpintero.

Garlopín.

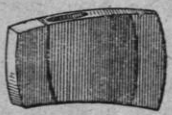
Cuchilla de dos manos.



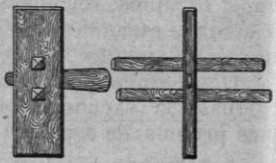
Avivador.



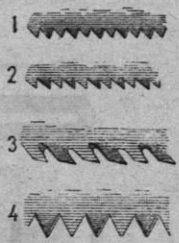
Cepo ó gato de carpintero.



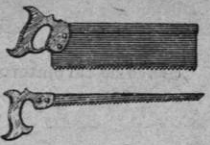
Hacha.



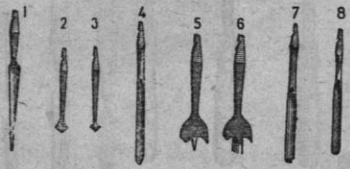
Bramil.



Hojas de sierra.



Serruchos de costilla y de calar.



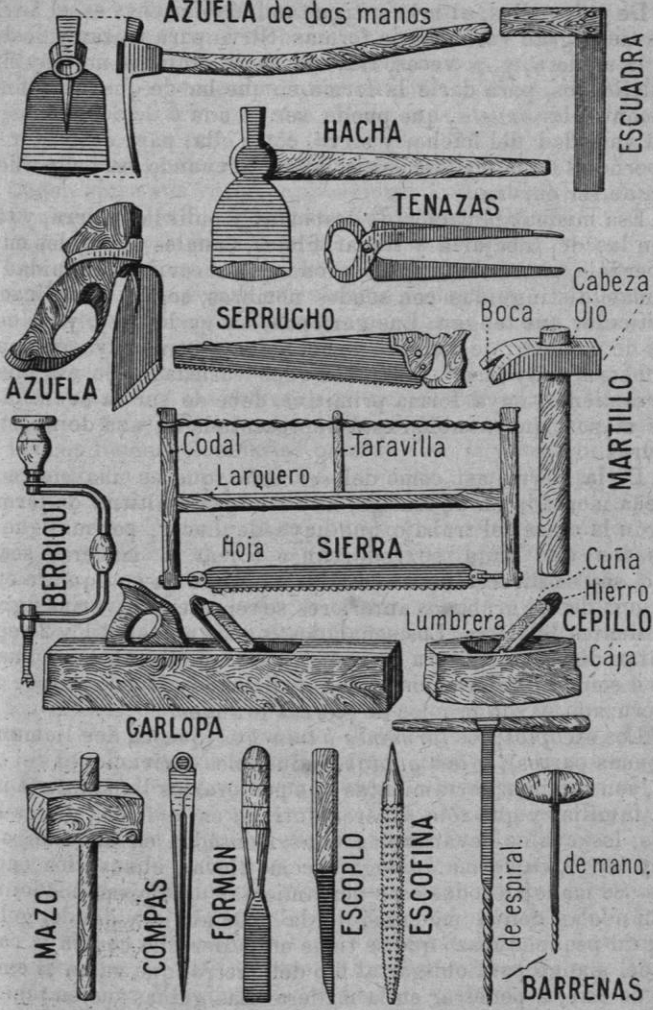
Hierros de barrena.

Secciones de hierros de limas y escofinas.

Cepillo para molduras.

Herramientas é instrumentos de carpintería.

UNED



Herramientas é instrumentos de carpintería.

UNED

De todos ellos, el más antiguo indudablemente es el *hacha*, que tiene gran variedad de formas. Sirve para trozar y desbastar la madera, y, á veces, tratándose de trabajos no muy finos ni delicados, para darle la forma en que ha de quedar definitivamente. La *azuela*, que puede ser de una ó de dos manos, es una variedad del hacha, y sirve, como ella, para desbastar las superficies de la madera, especialmente cuando esas superficies han de ser curvas.

Esa misma aplicación de desbastar y pulir la madera, y también las de rebajarla y trazar filetes, canales y boceles en su superficie, tienen los cepillos, los cuales revisten infinidad de formas, distinguidas con sendos nombres, según la aplicación particular que tengan. Las garlopas, los garlopines, y los cepillos de moldear, de avivar, de acanalar y otros cuya enumeración sería muy larga, son todos ellos variedades de esa misma herramienta, cuya forma primitiva debe de ser la cuchilla de dos manos, que también está representada en una de nuestras figuras.

De la sierra, así como del *serrucho*, que es una sierra pequeña montada en un mango, hay también multitud de formas, según la clase del trabajo que haya de hacer, por más que todos los que haga se reduzcan á cortar la madera, sea al hilo, sea en dirección atravesada con éste ó en cualquiera otra. En uno de los grabados anteriores se representan varias figuras de dientes de sierra. Los señalados con los números 1 y 2 representan dientes de sierra de mano; y los que llevan los números 3 y 4 son, respectivamente, dientes llamados de *gollete* y de corte cruzado, y son propios de sierras grandes.

Los *escoplos*, los *formones* ó *trinchas* (que así los llaman en algunas partes), y las *gubias*, indudables derivaciones del *cincel*, son también herramientas que pudiéramos llamar de la misma familia, y que sólo difieren entre sí en la forma de los hierros, los cuales llevan todas ellas montados en un mango no muy largo, en forma análoga á como llevan el suyo los cuchillos. Se manejan todas esas herramientas del mismo modo: empuñándolas con la mano izquierda uñas abajo y dando golpes con un pequeño mazo que se tiene en la derecha contra la cabeza del mango para obligar al filo del hierro, que va en el extremo de éste, á penetrar en la madera. Las gubias suelen tener el hierro acanalado, forma que, naturalmente, se prolonga hasta

UNED

su filo, y son todavía más usadas por los torneros, por los escultores en madera y por los ebanistas, que por los carpinteros.

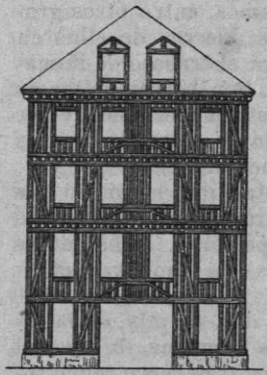
Las limas y escofinas (de las cuales damos, entre otros grabados, dos que representan unos cuantos hierros de ellas en proyección y en corte), no sólo sirven para el trabajo de la madera, sino también para el de los metales. Son herramientas de uso muy general para raer, pulir y desgastar superficies, y por eso tienen entre sus varias aplicaciones la de afilar los dientes de las sierras y los filos y puntas de las herramientas.

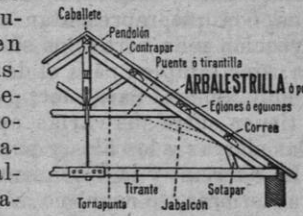
La *barrena* y la *broca* son herramientas que, lo mismo que las anteriores, se usan, no sólo en carpintería, sino en muchos otros oficios, y su objeto es taladrar ó perforar, habiéndolas (igualmente que las sierras y los cepillos) de mano y mecánicas, según la escala en que se trabaje.

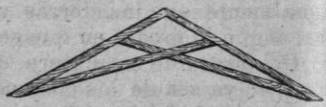
Del *banco* de carpintero, de la *regla,* del *compás,* de la *escuadra,* ya sea de las comunes ya de las llamadas *falsas,* del *cepo* ó *gato* y del *bramil,* sólo diremos que el primero reúne todas las condiciones necesarias para sujetar la pieza que se trabaja por medio del *barrilete* ó del tornillo, y que los otros instrumentos citados son de uso demasiado común y conocido para que sea necesario dar explicación de ellos. Nos limitaremos á decir que el *bramil* (llamado también *gramil)* sirve para trazar en el canto de una pieza de madera, ó sobre la superficie de ella, líneas paralelas al borde de la misma, rectas ó curvas, y que el *cepo* ó *gato* sirve para mantener unidas y apretadas entre sí piezas encoladas cuyas superficies de mutuo contacto no son muy extensas, como sucede con las tablas cuando van unidas por los cantos. Una casa de madera suele tener la forma que indican los tres primeros grabados de la página siguiente, el primero de los cuales representa la pared ó fachada, y los otros dos armazones de la techumbre, más sencilla la segunda que la primera. Una tal casa va sobre una zapata de mampostería, sistema generalmente seguido en el Occidente de Europa, donde suelen hacerse de pino tales construcciones, y también en los Estados Unidos de América, donde son muy comunes por la abundancia que hay de esa clase de madera en su territorio, y donde también es muy frecuente hacer tales casas desarmables y portátiles; pero en muchas regiones de la América Central y Meridional, del Centro y Sur de Africa y de Oceanía, donde son abundantísimas las maderas duras é in-

UNED

corruptibles, es lo más general hacer las casas rústicas directamente sobre el suelo, enterrando en él los horcones, estantes y parales de madera durísima en que se sustenta el techo y se apoyan las tablas de palma, las yaguas ó el encujado que forman las paredes del edificio. Así se hacen en esos países, no solamente casas rústicas, sino grandes edificios destinados á talleres, á almacenes y á otros usos semejantes, bien que en tales casos los horcones no sostienen techos de guano ó de paja, sino de tejas ó metálicos, menos ocasionados á ser presa del fuego.







Caña de bambú.

Las palmas, género de árboles que comprende multitud de variedades, y las cañas, de las cuales la más útil es la llamada de *bambú*, muy común en las regiones cálidas del Asia y de la Oceanía, suministran la mayor parte de los elementos necesarios para construir casas rústicas como las dichas anteriormente.

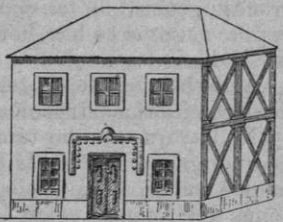
Palma real.

UNED

La llamada *palma real,* abundantísima en la isla de Cuba, y de la que damos adjunto un diseño, proporciona, fuera de los horcones en que se sustentan tales fábricas, todos los materiales que constituyen sus paredes y techos. De su tronco, que encierra en su dura envuelta una materia filamentosa, fofa y de poca consistencia, se sacan excelentes tablas por medio de cuñas de acero ó de madera dura introducidas á golpes de mandarria á lo largo de las rayas que se señalaron previamente con el hilo; de las yaguas de que mensualmente por sí misma se despoja, se sacan los hariques con que se amarran las varas y cujes del techo y paredes, y hasta, si se quiere, se forran esas mismas paredes; y con las pencas desmochadas de su copa y cortadas en trozos, se cobijan tan mañosamente los techos que duran éstos veinte y más años en muy buen estado.

En algunas partes de España se construyen (y se construían con mayor frecuencia en tiempos en que abundaba más en el

Casa rústica de yaguas y guano.



Casa de mampostería sobre armazón de madera.

país la madera que ahora) casas formadas de armazones de madera como la atrás descrita, rellenando los espacios comprendidos entre las vigas y alfardas de que se forman las paredes con ladrillos enteros ó pedazos de ellos, piedras pequeñas de forma irregular, cascote y otros materiales semejantes, envuelto todo ello en argamasa, cuya trabazón con los maderos se hace más íntima envolviendo á éstos en sogas de esparto.

Hoy ha perdido mucho terreno la madera como material de construcción, habiendo sido sustituída en gran parte por el hierro hasta en la construcción naval, en la que sólo se la emplea en embarcaciones medianas ó pequeñas, habiendo quedado reducida en las grandes al papel de materia auxiliar y secundaria.

UNED

CAPÍTULO XXIV

Ligeras ideas sobre la construcción naval.

Aunque no pudo presentarse á los alumnos de Don Juan, en la construcción del globo y de la casa, ningún problema relativo á la de barcos, no dejó pasar Don Juan la ocasión que le dieron los trabajos que hubo que hacer en madera, y particularmente los de empalmar piezas, para explicarles ligeramente el proceso general de tal clase de obras, las más importantes y útiles de cuantas se han hecho con la madera por primera materia. Y digo de cuantas se han hecho y no de cuantas se hacen, por haber venido en nuestro tiempo á sustituir el hierro á la madera en la construcción de los barcos de gran tamaño.

—No hay que olvidar tampoco—decía Don Juan á sus alumnos—que gran parte de la humanidad vive habitual ó temporalmente embarcada, siendo, por lo tanto, los barcos tan habitaciones del hombre como las casas. Cuanto se refiere á cosas de mar en general y á construcción naval en particular, es, pues, interesantísimo, y mucho más en países que tienen gran extensión de riberas marítimas. El mar es, por otra parte, más elemento de comunicación entre los pueblos que la tierra, habiéndose dicho, y con razón, que los mares los unen y que las tierras los separan. Las grandes civilizaciones se han formado y desarrollado en todo tiempo en las riberas del mar. Ninguna nación no marítima llegó á ser nunca verdaderamente grande y poderosa; y es proverbio antiquísimo que señoreando el mar se señorea la tierra. El mar es, en pocas palabras, elemento de civilización, de grandeza y de poderío, y todo lo que sea despertar interés por las cosas que á él atañen es contribuir al bien de la nación á que se pertenece y al del linaje humano en conjunto.

»Los barcos se construyen cerca del agua, en locales á pro-

UNED

pósito llamados «gradas de construcción», cuyo piso, muy llano, tiene marcada pendiente hacia la orilla, para facilitar, cuando llegue el momento, la operación de la botadura.

»El miembro más importante y esencial de un barco es el formado por la *quilla,* la *roda* y el *codaste,* piezas empalmadas entre sí á lo largo, que vienen á ser como su espinazo, y de donde arrancan á uno y otro lado todas las costillas ó *cuadernas* que constituyen su armazón ó esqueleto.

»La *quilla* ocupa el fondo ó parte más baja de la construcción, empalmándose con ella por uno de sus extremos la *roda,* madero, ó conjunto de varios de ellos empalmados qué hacen el perfil de la *proa,* á que se aplica el *tajamar,* y por el opuesto el *codaste,* madero que dibuja el perfil inferior de la *popa,* la cual se prolonga luego hacia arriba formando la curva airosa y elegante característica de esa parte del barco.

»Constrúyese antes que nada la quilla, tendiéndola á lo largo de la grada de construcción sobre polines muy juntos unos á otros para que resistan el enorme peso que ha de gravitar sobre ellos, empalmándose en seguida en sus extremos la roda y el codaste, piezas pesadísimas que se levantan por medio de cuerdas y poleas y se sostienen por puntales en el lugar en que han de quedar definitivamente.»

Los grabados adjuntos representan: el primero, la quilla, completamente aislada, en la cual puede distinguirse á lo largo de ella, y cerca de su plano superior, la ranura en que encajan los cantos de los tablones que forman el forro del buque. En el

FIG. 1.ª—Construcción naval.

FIG. 2.ª—Construcción naval.

segundo se ve la quilla tendida sobre polines en la grada de construcción, con la roda y el codaste ya armados en sus extremos. La *roda* es el que se ve más lejano del espectador, y el *codaste* el que está en primer término en el grabado.

UNED

—Sujétanse después por ensambladuras á lo largo de la quilla, en cruz con ella, y á muy poca distancia unas de otras, las *varengas,* piezas que forman ya parte del costillaje, pues de sus extremos arrancan, simétricamente colocadas en una y otra banda, las piezas ó *ligazones* que, empalmadas entre sí, han de constituir las costillas ó *cuadernas* del barco (fig. 3.ª).

FIG. 3.ª—Construcción naval.

»Levantadas éstas y colocadas en su lugar por medio de cuerdas y poleas, y empalmadas por sus extremos inferiores á los superiores de los brazos de las varengas, de que son verdaderas prolongaciones, se sujetan provisionalmente por la parte de dentro del barco por medio de tablas que van de banda á banda desde cada cuaderna á la simétrica de la banda opuesta, y por la parte de afuera por medio de puntales que se apoyan en el suelo de la grada (fig. 4.ª) (*).

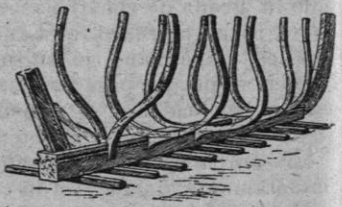


FIG. 4.ª—Construcción naval.

FIG. 5.ª-Construcción naval.

»Cruzados con el codaste y ensamblados á diente en él como lo están las varengas con la quilla, van una serie de maderos, llamados *yugos,* que se ligan por sus extremos con los *brazales,* últimas cuadernas por la parte de popa, formando lo que se llama el *peto* ó *abanico,* parte inferior de la popa que es continuación de los costados del barco, cuya prolongación hacia arriba por medio de las *gambotas,* maderos curvos calados á espiga por su pie en el yugo último de arriba, for-

(*) Por no complicar el grabado, se han suprimido de éste los tablones que sujetan provisionalmente á las cuadernas, y los puntales en que éstas se apoyan.

UNED

man primero la *bovedilla* y encima de ella el *friso,* que remata todavía más arriba en el coronamiento de la popa (fig. 5.ª).

»Las últimas cuadernas por la parte de proa, llamadas *horcones* ó *espaldones,* se ligan con la roda por medio de una serie de maderos curvos más anchos por arriba que por abajo, perfectamente acoplados entre sí, formando una superficie continua, curva y en forma de abanico, que se sujeta á los horcones por un lado y á la roda por el otro, y llena completamente el espacio que media entre ellos (fig. 6.ª).

»Llegado el barco á esa etapa de su construcción, presenta el aspecto de que da idea el grabado adjunto (fig. 7.ª), en el que

FIG. 6.ª—Construcción naval.

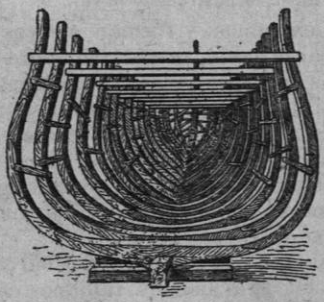


FIG. 7.ª—Construcción naval.

pueden verse la *quilla,* las *varengas,* las *ligazones* que forman las *cuadernas,* las tablas que unen provisionalmente entre sí á cada una de éstas con las de enfrente, y allá en el fondo la *roda,* alzándose sobre el extremo de la *quilla;* porque debe advertirse que en las gradas de construcción se colocan los barcos al revés de como han de estar en el agua: con la proa atrás y la popa adelante, siendo aquélla la que, al ser botados, primero se sumerge.

»Tres piezas vienen á colocarse después de las dichas: la *sobrequilla,* la *contrarroda* y la *codera.* La primera de ellas es lo que su nombre indica. Corre sobre las varengas de punta á punta de la nave, y está sólidamente ligada á ellas y á la quilla por cerrojos ó pasadores que las atraviesan. En la sobrequi-

UNED

lla van las *carlingas,* hembras en que entran los extremos de los palos ó mástiles.

»La contrarroda y la codera se levantan sobre la sobrequilla

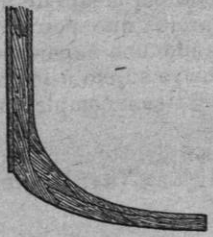


FIG. 8.ª—Construcción naval.

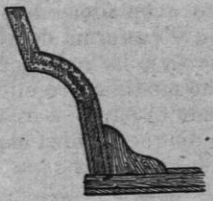


FIG. 9.ª—Construcción naval.

en sus extremos, y forman apoyos ó refuerzos interiores á la roda y al codaste, respectivamente (figs. 8.ª y 9.ª).

»Los *sobreplanes* son piezas destinadas á reforzar por dentro el costillaje; pero habíanse sustituído desde bastante tiempo, antes de abandonarse la madera en la construcción de los grandes navíos, por planchas de hierro que los atravesaban desde arriba hasta el fondo del casco, siguiendo la curvatura de éste y enlazando y sujetando todo el maderamen por medio de fuertes pasadores.

»Revístese el costillaje del barco, tanto por dentro como por fuera, con gruesísimos tablones colocados horizontalmente, y á los cuales, después de calentados y humedecidos por el vapor, se obliga á tomar la curvatura del casco por medio de instrumentos poderosos (fig. 10). Fíjanse esos tablones al costillaje por medio de cabillas de madera y de pasadores de cobre.

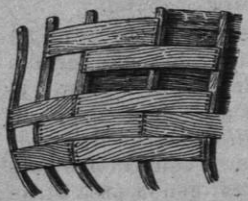


FIG. 10.—Construcción naval.

»Las cabillas son más numerosas que los pasadores, y no se introducen hasta que está más adelantada la construcción y cuando llevan algún tiempo de barrenados los agujeros en que han de alojarse. Esos agujeros son de una á dos pulgadas, y atraviesan ambos forros exterior é interior del barco y las costillas y demás maderas intermedias, siendo el practicarlos operación ardua en que se emplean barrenas provistas de una larga cruz para que

UNED

sea grande la fuerza de palanca que con ellas se haga (fig. 11). Las cabillas, que son de madera dura y algo más gruesas que los agujeros correspondientes, son introducidas en ellos á fuerza de mandarria.

FIG. 11.—Construcción naval.

»Al forrar un barco se tiene cuidado con que no se correspondan las juntas de los tablones de cada hilada con las de las hiladas inmediatas de arriba y de abajo; precaución análoga á la que se guarda en la colocación de los sillares y ladrillos en los muros de mampostería (fig. 10).

»Gruesas vigas, llamadas *baos,* á muy corta distancia entre sí, cruzan la nave de banda á banda, y al par que dan trabazón y fortaleza al conjunto de ella, asegurándose á las costillas por medio de curvas y pasadores de hierro, sirven para sostener los puentes ó cubiertas. Esos baos no son piezas derechas, sino curvas hacia arriba por su parte media, forma que la experiencia y el cálculo han demostrado ser la más conveniente (fig. 12).

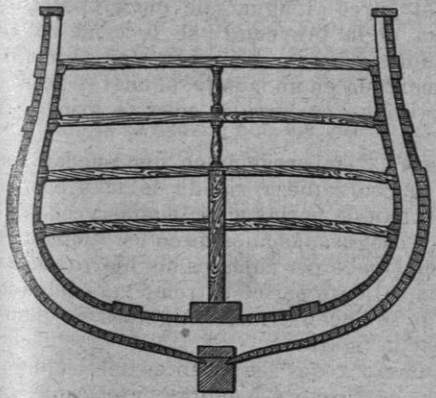


FIG. 12.—Construcción naval.

»Después de forrado

FIG. 13.—Construcción naval.

el barco sigue el *calafatearlo,* rellenando de estopa á fuerza de mazo, con ayuda de una herramienta llamada hierro de carenar, todas las juntas de las tablas del forro y cuantas hendijas haya en su superficie; operación mediante la cual no sólo se hace enteramente impermeable el casco, sino que se da gran trabazón

UNED

y consistencia á todas sus partes (fig. 13). Una mano de brea sobre todas las juntas y hendijas calafateadas, es indispensable complemento de ese trabajo.

»Las obras que tienen por objeto la construcción de las cámaras, bodegas, escotillas, escaleras y demás partes interiores del barco, en nada difieren de las ordinarias de carpintería y ebanistería, exigiendo las herramientas comunes de esos oficios. En las arriba descritas, es la azuela la más usada.»

CAPÍTULO XXV

Arboladura y aparejo de un barco.

Después de botado el barco al agua (de cuya operación prescindiremos en gracia de la brevedad), se le arma de los palos ó mástiles, subiéndolos á bordo, bien por medio de una *machina* ó gran cabria montada en un muelle, al cual se acerca el buque, bien con las cabrias que para el caso se arman en la cubierta.

Muy pequeña ha de ser la embarcación en que puedan ser los palos de una sola pieza, siendo lo más común que se compongan de varias empalmadas y acopladas entre sí, y aseguradas además en los empalmes y de trecho en trecho por zunchos de hierro que se introducen en caliente por el extremo más delgado del palo y que se hacen avanzar á golpes de mandarria. (Véase la figura.)

Esos palos, que atraviesan todos los puentes del buque y cuyos pies se alojan en las *carlingas* ó hembras practicadas en la sobrequilla, son los llamados *machos*, sobre los cuales van otros, llamados *masteleros*, no empalmados con ellos y en prolongación suya, sino unidos á ellos lateralmente después de atravesar la *cofa*, especie de mesa ó plataforma montada cerca de la cúspide ó extremo superior de cada macho.

Esos masteleros armados en las puntas de los machos se

llaman masteleros *de gavia,* en cuyos extremos superiores, y también mediante sendas *cofas,* más chicas que las otras y llamadas *crucetas,* van otros masteleros llamados *de juanete,* así como sobre éstos suelen ir, aunque no siempre, y también por medio de cofas especiales llamadas *tamboretes,* los masteleros *de sobrejuanete.*

Cada palo se compone, pues, de un macho y de uno ó más masteleros que soportan las *vergas,* palos en que se arman las velas y que van cruzados con los anteriores, y que se distinguen con sendos nombres, así como las velas sujetas en ellos.

Como la fuerza que hace el viento en las velas podría romper ó derribar los mástiles, se les afianza unos á otros, á las cofas, á las bandas del barco y á la cubierta por medio de gruesos cables llamados *obenques, burdas* y *estays.*

No todos los barcos tienen el mismo número de palos, ni están éstos dispuestos en igual forma, ni es la misma en todos la disposición, figura y número de las velas.

Hay barcos de uno, dos y tres palos, y aun en estos últimos tiempos se hacen de cuatro y más, sin contar el llamado *bauprés,* que sale de la proa y que sirve para sostener en las cuerdas que lo unen al palo *trinquete,* que es el más cercano á ella, las velas llamadas *foques.*

Unos barcos llevan *vergas,* que son, como ya he dicho, los palos que se cruzan con los *machos* y los *masteleros;* otros, en lugar de *vergas* llevan *entenas,* larguísimos palos que se cruzan oblicuamente con los que están fijos en el barco, y otros sustituyen las vergas y las entenas por unos palos, llamados *picos de cangrejo,* en que se arman las velas *cangrejas,* que constituyen el único aparejo de algunos barcos, como las *goletas* y *balandros,* y parte del de otros, como las corbetas y los bergantines.

Falucho.

Aparejo ó *arboladura* de un barco se llama al conjunto de sus palos, cuerdas y velas; diciéndose que un barco tiene aparejo ó que está aparejado de goleta, de bergantín, de fragata, de corbeta, etc., según sea el número y disposición de sus palos y velas; habiendo también aparejos mejores y peores para aprovechar el viento, así como los hay más ó menos có-

UNED

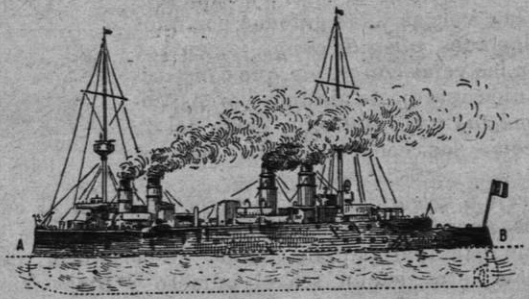
modos para la maniobra, pues en algunos se suben, bajan y recogen las velas con gran dificultad y empleando muchísima gente, mientras que en otros bastan poquísimos hombres para manejarlas.

Las figuras que siguen representan unos pocos barcos de la multitud de ellos que se conocen, y cuya mera enumeración ocuparía páginas enteras.

Carabela (barco del siglo XV).

Lanchón.

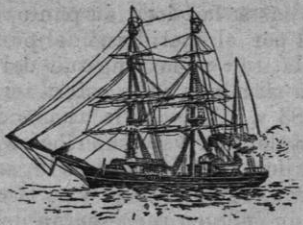
Canoas.



Acorazado.

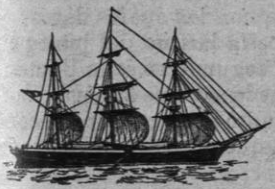
UNED

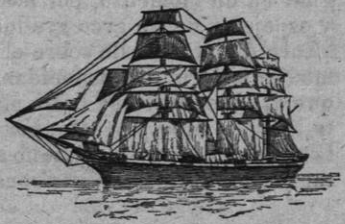
Balandra.



Corbeta.

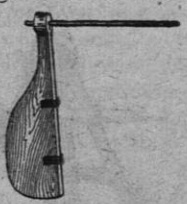
Jabeque.





Fragatas.

Al mismo tiempo que se arbola y apareja el barco, se le coloca el *timón,* órgano que tiene por objeto dirigirlo en su marcha, y de tan sencillo como ingenioso funcionamiento. Consiste en una pieza movible aplicada al codaste, la cual, por la resistencia que hace el agua contra ella cuando marchando el barco se la hace girar en uno ú otro sentido, hace que la banda opuesta del barco, que es la que menor resistencia encuentra para avanzar, determine el giro de la nave en el mismo sentido.



Timón.

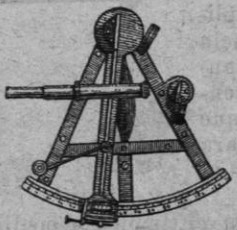
En las embarcaciones chicas se mueve el timón por medio de una barra llamada *caña,* que lleva en su parte superior y que en el grabado se indica; pero en las grandes se le da movimiento mediante cadenas que lo reciben á su vez de una rueda que, conforme á las instrucciones del piloto, maneja el timonel, y para cuyo cumplimiento lleva ante sí la *aguja de marear* montada sobre un pilar ó mesa, fija también en la cubierta.

El piloto, valiéndose del *sextante* y del *cronómetro,* deter-

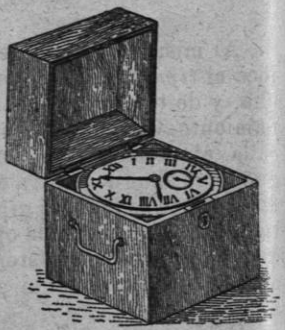
UNED

mina todos los días á las doce en punto, ó sea en el momento del paso del Sol por el meridiano del punto en que el barco se encuentra, la latitud y la longitud del dicho punto, y, por consiguiente, su situación en la esfera terrestre (véase lo dicho en las páginas 83 y 84), y con la ayuda de la carta de marear (que es un mapa del mar y de sus riberas en que están también señalados los bajíos, escollos y otros lugares peligrosos), marca el rumbo que debe seguir la nave y se lo comunica al timonel.

Las figuras que siguen representan un *sextante* y un *cronómetro*. El primero es un instrumento óptico que permite averiguar en un momento, por medio de una combinación de lentes y espejos y de un arco graduado, la declinación de un astro ó la altura á que se halla sobre el horizonte; con los cuales datos, y mediante fórmulas conocidas, se deduce la latitud del punto en que el observador se halla situado. El segundo es sencillamente un reloj muy perfecto, por el cual puede saberse la hora exacta del lugar cuyo meridiano sirve de punto de partida para contar las longitudes, y, por consiguiente, qué hora es en ese lugar



Sextante.



Cronómetro.

cuando son las doce en punto en aquel en que el observador se encuentra. La diferencia entre esas horas indica inmediatamente la longitud de este último lugar, sabiéndose que el Sol tarda veinticuatro horas en dar la vuelta á toda la Tierra, y, por

UNED

lo tanto, sólo una en recorrer cada 15 grados de los 360 en que la circunferencia entera se divide.

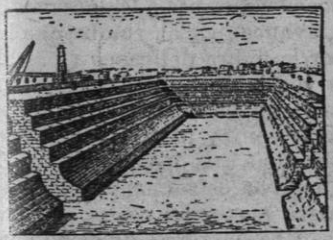
Otro órgano de que se dota también al barco es el *ancla*, que sirve para mantenerlo fijo cuando está fondeado. Suele sujetársele también amarrándolo á los muelles ó á cualquiera de las boyas que para el caso hay establecidas en los puertos, y que consisten en cajas de hierro redondas, herméticamente cerradas y flotantes, sujetas al fondo por anclas ó grandes pesos pendientes de cadenas.

Anclas.

Desde hace poco más de un siglo se introdujo en la Marina inglesa la costumbre de forrar de cobre los fondos de los barcos para preservar sus maderas de la *broma*, especie de gusano acuático que las ataca, y de la acción corrosiva de otros organismos vegetales y animales que hay en las aguas del mar; costumbre que fué generalmente imitada.

Se forran de cobre los fondos de los barcos después de botados al agua y de aparejados, para lo cual se les mete en dique.

Ya en otro lugar de este libro se ha hablado incidentalmente de los diques, habiéndose explicado allí lo que es un *dique flotante*. Ahora diremos que hay también *diques fijos* como el que la figura adjunta representa.


Dique fijo.

Estos tienen los muros de mampostería y el suelo lo bastante inferior al nivel del agua en la marea baja, para que en la alta puedan entrar en él los barcos de mayor calado. Para meter á uno de éstos en dique, se comienza por preparar los polines en que ha de descansar mientras se le hacen las reparaciones ó arreglos á que haya que someterlo.

Colocados ya los polines, y prontos también á ser puestos en su lugar los que á modo de puntales han de sostener al barco cuando quede en seco, se abren las compuertas del dique y se le deja llenarse de agua, aprovechando el momento en que suba la marea, para introducir en él á la embarcación.

UNED

A la bajada de la marea y cuando llega á descansar la quilla en los polines tendidos en el suelo del dique, se apuntala el barco á toda prisa y se cierran las compuertas, extrayéndose por medio de bombas poderosas, grandes tornillos de Arquímedes ó cualquiera otro de los sistemas conocidos de elevar el agua, toda la que haya quedado en el dique al llegar la marea á su punto extremo de descenso.

Una vez el barco en seco, se le hacen las carenas, limpieza de fondos ó reparaciones que necesite, y terminadas, se abren las compuertas para que penetre el agua, aprovechándose la subida de la marea para sacar al barco del dique.

CAPÍTULO XXVI

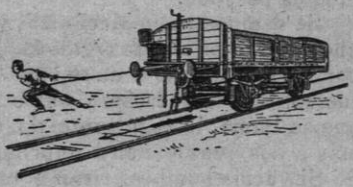
Cómo navega un barco de vela.—Composición y descomposición de fuerzas.

Un barco puede navegar en dirección distinta á la del viento; de modo que, sin tenerlo en popa, avance por el rumbo que le convenga; hecho que se explica por la figura del casco y por la disposición en que se coloquen las velas.

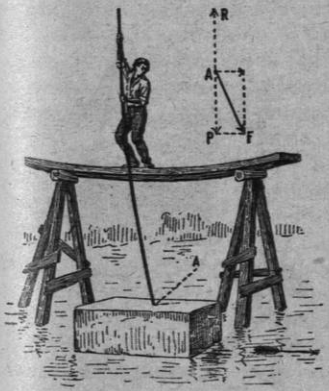
Basta examinar la figura de un barco, como el que en la adjunta se representa, para comprender que la resistencia que oponga el agua á su movimiento ha de ser mucho mayor en cualquiera parte del casco que en el tajamar, línea afilada en que acaba la proa; de modo que de la fuerza que haga el viento en las velas, y que se transmite al cuerpo de la embarcación para empujará ésta en cualquier sentido, se aprovechará más la parte de esa fuerza que la impulse hacia adelante que aquella otra parte de ella que trate de hacerla marchar atravesada.

Es muy fácil hacerse cargo de ese hecho ejerciendo una fuerza contra cualquier objeto que esté encarrilado ó impedido por cualquier motivo de avanzar sino en una dirección determi-

nada, y observando que por poco que la dicha fuerza contribuya á impulsar en esa dirección al objeto, por allí marchará éste antes que por otra cualquiera, por ser donde menor resistencia encuentra. La adjunta figura, en que bien se comprende que el carro marchará en la dirección que la flecha indica, que es la de los carriles, á pesar de ser otra la de la fuerza que tira de él, aclara suficientemente el punto.



Quien ande sobre un suelo resbaladizo, sobre hielo por ejemplo, se caerá facilísimamente por poco que su peso se ejerza oblicuamente contra la superficie del suelo, aunque la mayor parte de ese peso gravite sobre ella normalmente. Así, por ejemplo, en el caso que se supone en el adjunto grabado, la fuerza que el hombre encaramado en el andamio hace sobre el punto *A* de la piedra, á pesar de ser casi normal ó perpendicular á la superficie del hielo en que dicha piedra descansa, la hará deslizarse en la dirección marcada por la flecha; porque la componente vertical *AP* de la fuerza *AF* que el hombre hace, quedará destruída por la resistencia *AR* del hielo á romperse, subsistiendo sólo la componente *PF*, que no contrarrestada por el rozamiento, que es casi nulo, de la piedra sobre el hielo, la obligará á correr en la dirección de esa misma fuerza componente.



Pero esta cuestión nos lleva como de la mano á aquella parte de la Mecánica que se ocupa en la composición y descomposición de las fuerzas; asunto interesantísimo que tuvo que ser frecuente tema de las explicaciones y conferencias entre Don Juan y sus discípulos, no solamente con el motivo del presente caso, sino de mil otros que á cada momento tenían que ofrecerse en

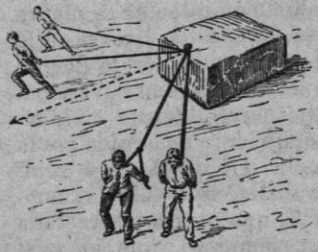
UNED

las maniobras de levantar y trasladar piedras, maderos y otros objetos pesados.

Se demuestra en Mecánica, y la experiencia enseña también, que cuando un objeto rígido cualquiera es solicitado ó empujado por varias fuerzas á un mismo tiempo, ó se está quieto si las fuerzas se contrarrestan entre sí, ú obedece á una sola fuerza que se llama la *resultante* de todas aquellas otras, ó cuando más á dos que tienden á imprimirle un movimiento de rotación.

Si varios hombres tiran á un tiempo de un peso cualquiera, se verá que ese peso se mueve en una sola dirección, obedeciendo á una sola fuerza, y que aun no moviéndose, será una sola fuerza la que tienda á sacarlo del reposo. Esa fuerza es la resultante de todas las que esos hombres hacen.

Los grabados que siguen ilustran perfectamente el asunto de que se trata. En el señalado con el número 1 se ve cómo las fuerzas que hacen los cuatro hombres que tiran de la piedra



1

2

se combinan y forman una sola en la dirección de la línea punteada terminada en una flecha, que será la que tome la piedra en el caso de moverse, esto es, si la dicha fuerza resultante es suficiente para vencer al rozamiento de la piedra contra el suelo, que es otra fuerza que ejerce su acción sobre ella. En la figura 2, las fuerzas que ambos hombres hacen, cada uno en

UNED

distinta dirección, producen el giro de la piedra como la flecha indica.

Si un objeto pesado cualquiera está pendiente de dos ó más ramales de cuerda, cada uno de ellos contribuye con una fuerza á impedir que el objeto caiga. Todas esas fuerzas se combinan, pues, en una sola para contrarrestar el peso del objeto. Las figuras adjuntas, en que *P* es el peso de un cubo lleno de agua y *T* la tensión del ramal ó ramales de cuerda de que pende, bien claramente indican que en un caso—cuando sean dos los ramales de cuerda—las tensiones de éstos han de combinarse para constituir una sola equivalente al peso del cubo, y que ejercerá su acción en sentido contrario al de ese peso, tensión idéntica á la que hace el único ramal de la figura 2.ª En una mesa que se sostenga en cuatro patas, cada una de éstas hace una cantidad de fuerza para soportar el peso de la mesa. Son cuatro fuerzas que se combinan en una sola equivalente y contraria al peso total que sostienen (figura 3.ª). Un pandero ó cometa en el aire está sometido á varias fuerzas: su peso, por poco que sea, es una que tiende á que caiga; el empuje del viento es otra; la tensión de la cuerda es otra tercera. El pandero, no obstante, se mueve á cada momento en una determinada dirección, que es en ese momento la de la fuerza resultante de todas las que sobre él se ejercen; ó si permanece quieto en el aire, la tensión de la cuerda, que es una fuerza que se ejerce en dirección de ella misma, contrarrestará á todas las otras juntas, las cuales se combinarán en una sola resultante de ellas, contraria en dirección y en intensidad á la tensión de la cuerda. En la figurita auxiliar que acom-

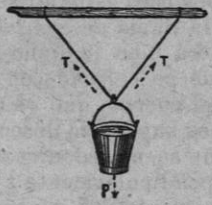


Fig. 1.ª

Fig. 2.ª

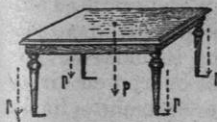


Fig. 3.ª

paña á la que ilustra lo que acaba de decirse, se representa por la letra *P* el peso de la cometa, por la *V* la fuerza del viento y por la *F* la resultante de ambas, contrarrestada por la tensión de la cuerda, igual en intensidad y contraria en sentido á ella, como en la misma figura auxiliar se indica.

A veces conviene analizar ó descomponer una fuerza en dos ó más parciales para estudiar separadamente sus efectos. A esa operación se la llama *descomposición de fuerzas.*

Se entenderá bien lo dicho observando lo que sucede en el caso de un cuerpo colocado en un plano inclinado; caso en el que el peso del cuerpo, que es una fuerza que lo impulsa hacia abajo, podemos suponerlo descompuesto en dos fuerzas parciales: la una que se ejerce directamente contra el plano, ó sea normal ó perpendicularmente á él, y la otra que tiende á hacer resbalar el cuerpo por el plano abajo y que ejerce su acción, por consiguiente, en la misma dirección del plano. A la primera de esas dos fuerzas parciales la contrarresta la resistencia del plano á romperse; á la otra, el rozamiento del cuerpo en la superficie del plano inclinado sobre que reposa. Si disminuyera ese rozamiento porque se untasen de jabón, sebo ó cualquiera otra materia análoga las superficies en contacto, podría determinarse el resbalamiento del cuerpo por el plano abajo. También si la inclinación de ese plano fuera aumentando gradualmente, llegaría un momento en que el cuerpo resbalaría; ¿por qué?: porque la fuerza componente del peso del cuerpo en dirección del plano inclinado iría gradualmente creciendo hasta vencer á la fuerza del rozamiento, mientras que la fuerza componente normal al plano inclinado iría al mismo compás menguando, sin que, por supuesto, variase en lo más mínimo durante toda esa maniobra el peso del cuerpo, que ni que decir hay que permanecería inalterable, porque no habría motivo para otra cosa.

Las figuras de la página siguiente expresan gráficamente lo que acaba de decirse. La segunda de ellas no tiene otro objeto que aclarar la primera, que representa tres sucesivas posiciones del plano inclinado girando alrededor de uno de sus bordes.

A la segunda, en que está representado el plano en cada una de esas posiciones, acompañan figuritas auxiliares que indican las inclinaciones del dicho plano y las formas en que en cada una de las posiciones que va sucesivamente tomando se descom-

UNED

pone el peso P del objeto en la presión Q contra el plano y en la fuerza S que tiende á hacer deslizarse á dicho objeto por el plano abajo, á la cual fuerza se opone el rozamiento R. El desliza-

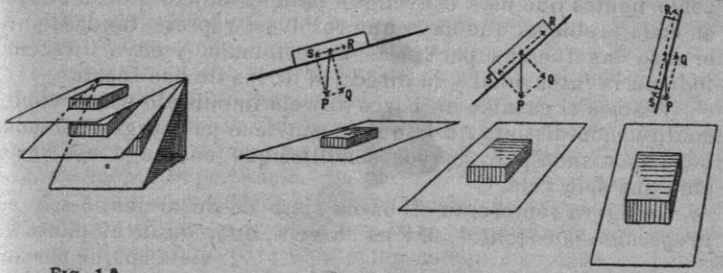
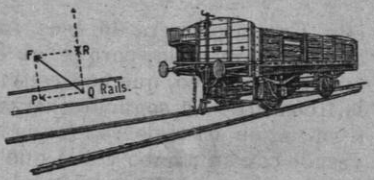


FIG. 1.ª FIG. 2.ª

miento se verificará cuando P sea mayor que R, esto es, cuando la tendencia del objeto á resbalar supere á su rozamiento contra la superficie del plano.

Obsérvese también que en un molino de viento la fuerza que hace el aire contra las aspas se descompone en dos fuerzas parciales: la una en la dirección en que las aspas se mueven, que es la que se aprovecha; la otra, completamente inútil, en la dirección en que las aspas no pueden moverse, fuerza contrarrestada por la resistencia de los maderos que sirven de soportes á las aspas.

Otro ejemplo más: supongamos un carro de ferrocarril contra cuyo costado se haga una fuerza considerable en dirección oblicua, como la indicada por la línea QF en la figura auxiliar que acompaña á la adjunta. Esa fuerza se descompone en otras dos fuerzas parciales: la una, representada en la misma figura por la línea OP, que tenderá á hacer avanzar el carro por los carriles adelante, y la otra, representada por la QR, á empujarlo contra los bordes, nervios ó aristas de los mismos carriles.



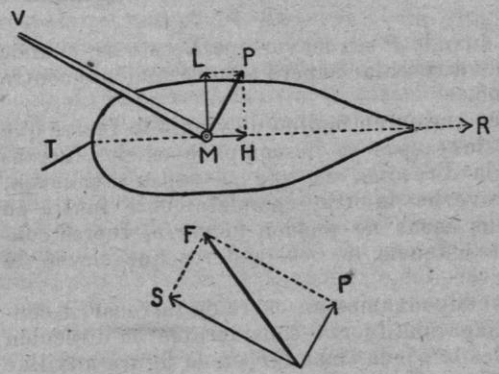
Toda fuerza puede ser descompuesta en dos, cuyas direcciones formen ángulos determinados con la de esa misma fuerza;

UNED

pero si no se dan ya determinados esos ángulos, puede ser descompuesta aquella fuerza en un número infinito de combinaciones de dos fuerzas parciales, escogiéndose aquellas dos fuerzas componentes que más convengan para el objeto que se busque en cada problema que haya que resolver; representándose para el caso las fuerzas por líneas cuyo tamaño y cuya dirección indican la intensidad y la dirección de las dichas fuerzas.

Veamos el caso de un barco de vela impulsado por el viento en dirección distinta de la que le conviene para seguir su rumbo, suponiendo para mayor sencillez que no tenga ese barco sino una sola vela.

La figura representa el barco visto desde arriba, ó sea en *proyección horizontal*. *MV* es la vela, que, desde el punto de vista en que nos suponemos colocados, sólo nos presenta un línea. *F*, en la figura auxiliar, representa la fuerza del viento, que se descompone en dos parciales: una *S* completamente inútil que se ejerce en la misma dirección de la vela, y otra *P* que se dirige normal ó perpendicularmente contra



ella. Con la primera de esas fuerzas componentes no tenemos que ver para nada, porque ni favorece ni se opone al movimiento del barco, que nos conviene que sea en la dirección de la línea *MR*. La segunda fuerza componente *P* se descompone á su vez en otras dos: la *L* que impele al barco á navegar atravesado con su rumbo y á la que se opone en gran parte la resistencia del agua contra la banda del barco, y la *H* que lo empuja por su rumbo y que es la única que se aprovecha. Claro es que la intensidad de esa fuerza depende de la inclinación que se dé á la vela; consistiendo el arte de navegar á la vela en darle la que más convenga, ó, mejor dicho, en combinar toda

UNED

las velas del barco (pues en los más de los casos son varias) de manera que la fuerza resultante de las que sobre cada una de ellas haga el viento, sea la que más favorezca el avance de la nave por el rumbo que se quiera que siga.

Hemos prescindido en el caso anterior de muchas otras fuerzas que deben ser tenidas en cuenta: el peso de la embarcación; el rozamiento de ésta contra el agua; la acción del viento contra el casco, que aunque mucho menor que la que ejerce contra las velas, no es despreciable; la resistencia que opone el agua á la marcha de la nave; la que ejerce contra el timón *T*, y alguna más de menor importancia.

Es claro que ninguna fuerza puede ejercer directamente presión en dirección cruzada con la suya propia, y, sin embargo, es muy sencillo para una embarcación navegar por rumbo que se cruce con la dirección del viento; estando la razón de ello en la disposición de las velas, que, inclinadas á la vez á la dirección del viento y á la del eje ó línea de simetría de la nave, obran como órganos intermediarios entre ambas.

La fuerza que impele á la nave por su rumbo es una componente de la que hace normalmente el viento contra las velas, que á su vez lo es de la fuerza absoluta del viento.

Hasta aquí hemos tenido en consideración la *dirección* y la *intensidad*, ó sea la *magnitud* de las fuerzas que se ejercen sobre un cuerpo rígido, pero no el punto de él á que se aplican; cuestión interesantísima con sólo considerar lo que sucedería tratando de levantar del suelo un cubo lleno de agua según el punto de ese cubo en que el esfuerzo para levantarlo se hiciese.

Hemos de suponer, para formarnos idea cabal del asunto, que no asimos directamente el cubo, sino una cuerda amarrada á él en cualquier punto. El esfuerzo que necesitaremos hacer para levantar el cubo será siempre el mismo: el peso del cubo con el agua que tiene dentro; pero según donde se sujete á él la cuerda, levantaremos el cubo sin derramarlo, como en la figura 1.ª de las dos adjuntas, ó se inclinará á un lado, derramándo-

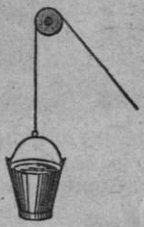


FIG. 1.ª

FIG. 2.ª

UNED

se parte del agua, ó se volcará del todo, derramándose toda ella como en la figura 2.ª

Asimismo, si en vez de ser una sola cuerda son dos ramales los amarrados al cubo, de tal manera que tirando de ellos á un tiempo se levante el cubo enteramente derecho sin inclinarse á un lado ni á otro, será preciso que las tensiones de los dos ramales de cuerda sean simultáneas para que la fuerza resultante de ambas haga levantarse derecho al cubo y no se vuelque éste ni se caiga de un lado.

También se comprenderá la importancia del punto de un cuerpo rígido á que se apliquen las fuerzas que se ejerzan sobre él, suponiendo que ese cuerpo se vea forzado á girar alrededor de un eje, como la hoja de una puerta, por ejemplo, y notando que la fuerza que se ejerza contra ella producirá tanto mayor efecto cuanto más lejos se haga de su quicio. Si la fuerza se hiciera contra el quicio mismo, la hoja de la puerta no se movería absolutamente. El que menos fuerza tiene que hacer para abrir la puerta representada en las tres figuras que siguen, es

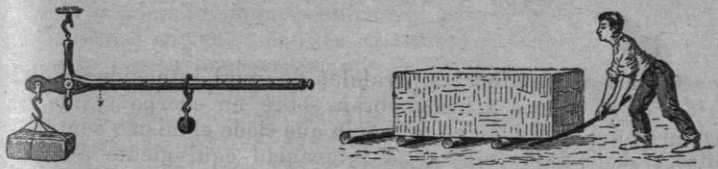
FIG. 1.ª

FIG. 2.ª

FIG. 3.ª

evidentemente el hombre de la primera, que es el que más lejos del quicio de ella la empuja; el de la segunda trabajará más para abrirla, y el de la tercera no la moverá el grueso de un cabello por mucha fuerza que haga. En el pequeño y conocido instrumento que en la adjunta figura se representa, cuyo objeto es romper nueces, se comprende que tanta menos fuerza ha-

brá que hacer para producir el mismo efecto cuanto más lejos se la aplique del punto del giro de los brazos que lo forman. Tampoco puede ponerse en duda que tanta menos fuerza se requiere para levantar ó mover un peso por medio de una palanca, cuanto más larga sea ésta y más cerca de su extremo se la maneje. El aumento del efecto de una fuerza cuando crece su brazo de palanca tiene multitud de aplicaciones. La balanza *romana* es una de ellas. El pequeño peso del pilón basta para contrabalancear al mucho mayor del objeto que se está pesan-



do, sólo por su mayor distancia al punto de giro de la palanca en que el dicho pilón se suspende. Si todavía se le suspendiera más lejos del punto de giro, podría equilibrar á pesos mucho más considerables. El efecto de la fuerza que tienda á hacer girar á un cuerpo alrededor de un eje será, pues, tanto mayor cuanto mayor sea la distancia del eje á que la fuerza se aplique. A esa distancia se la llama *brazo de palanca* de esa fuerza; y al efecto producido por esa fuerza, efecto que equivale, como en Mecánica se demuestra, al producto de su misma fuerza por el brazo de palanca, *momento* de la dicha fuerza.

Cuando hablé del movimiento del barco, prescindí del punto de él á que se aplica la resultante de todas las fuerzas que por uno ú otro lado lo empujan; pero es de grandísimo interés tenerlo en cuenta, porque ejerciendo el viento principalmente su acción sobre las velas más altas, el brazo de palanca de la fuerza resultante de todas las que hace el viento contra el barco puede ser tan grande que lo vuelque. Por eso, cuando el viento sopla con gran violencia, se recogen las velas más altas y se dejan sólo aquellas bajas que proporcionan menor brazo de palanca al esfuerzo del viento.

UNED

CAPÍTULO XXVII

Centro de gravedad y equilibrio.

Cuando varias fuerzas paralelas de igual intensidad y dirigidas en el mismo sentido obran sobre un cuerpo rígido, se componen ó combinan en una sola que tiene el mismo sentido y dirección de todas ellas, una intensidad equivalente á la de todas juntas, y un punto de aplicación siempre fijo y determinado, que se llama *centro de gravedad*.

Tómese un objeto manuable cualquiera, una cuchara, una plegadera ú otro semejante, y colóquesele sobre el dedo índice. En los más de los casos, el objeto se caerá de un lado, pero por medio de tanteos se dará con una posición del objeto en que se mantendrá quieto sobre el dedo sin caerse de un lado ni del otro. En lo interior de la masa de aquella parte del objeto que descanse en el dedo estará su centro de gravedad, porque por ese punto pasarán las direcciones de todos los pesos de las partículas de que el objeto se compone; pesos que son otras tantas fuerzas paralelas entre sí, porque se dirigen todas hacia abajo, y de cuya suma resulta el peso total del objeto de que se trata; fuerza única que pasa precisamente por su centro de gravedad.

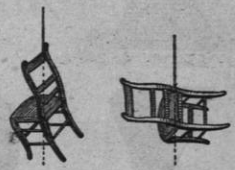
Su puede determinar más fijamente el punto en que se halla el centro de gravedad de un cuerpo, suspendiéndolo por medio de una cuerda en dos posiciones distintas, y fijando el punto de su interior en que se cruzan las líneas que marcan las direcciones de la cuerda en las dos posiciones dichas.

Sucede á veces que el centro de gravedad de un cuerpo no corresponde con ninguno de su masa, sino que está en el aire,

UNED

en medio ó próximamente en medio de las diversas porciones de que el cuerpo está constituído.

Tal es el caso en una bola hueca, cuyo centro de gravedad (si la bola tiene sus paredes igualmente gruesas por todas partes y formadas de la misma materia) estará en el centro mismo de la bola. Lo mismo sucedería en el caso representado en la adjunta figura.



De un cuerpo se dice que está en equilibrio, no sólo cuando se está quieto, como muchos entienden, sino también cuando se mueve con movimiento uniforme, esto es, cuando su velocidad es constante. Una y otra cosa suceden cuando se contrarrestan y destruyen entre sí las fuerzas á que está sometido; porque cuando un cuerpo se halla bajo el efecto de una fuerza de intensidad constante, su movimiento será acelerado. El equilibrio no implica, pues, necesariamente una velocidad nula, sino una velocidad constante y, por consiguiente, no acelerada.

Supóngase el caso de un cubo que desciende por un pozo abajo, pendiente de una cuerda, con movimiento uniforme, esto es, con una velocidad constante de un metro por segundo. No hay aceleración ninguna en su movimiento, porque las dos fuerzas á que está sometido—su peso y la tensión de la cuerda de que pende—son constantemente iguales y contrarias, anulándose ó contrarrestándose mutuamente.

Equilibrio es, pues, aquella situación de un cuerpo en que es imposible la aceleración de su movimiento, ó como también se dice, en que es posible, aunque no indispensable, que se encuentre en estado de reposo.

El equilibrio en estado de reposo se dice equilibrio *estático*, y requiere como condición indispensable que la línea á plomo que pase por el centro de gravedad del cuerpo esté dentro del ámbito formado por los puntos en que el dicho cuerpo descanse. Será, además, tanto más firme ó estable ese equilibrio, cuanto más bajo se encuentre el centro de gravedad del cuerpo.

Una pirámide descansando sobre su base, como la de la primera de las dos figuras de la página siguiente, está en equilibrio *estable;* pero si descansa en su cúspide, como la de la segunda, el equilibrio será *inestable.*

También puede encontrarse un cuerpo en estado de equili-

UNED

brio que no sea estable ni inestable, sino *neutro* ó *indiferente*. Tal ocurre con una esfera en cualquiera posición en que se la

Fig. 1.ª

Fig. 2.ª

Fig. 3.ª

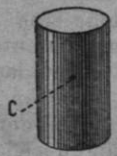


Fig. 4.ª

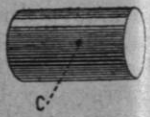


Fig. 5.ª

coloque (fig. 3.ª), ó con un cilindro de gran altura y pequeña base descansando de costado, como en el de la figura 5.ª

Un cuerpo descansando sobre un filo ó sobre una punta estará en equilibrio *estable* si su centro de gravedad está debajo del filo ó punta en que se apoye; *inestable* si por encima, y *neutro* si coinciden el centro de gravedad y la línea ó punto de apoyo.

Una balanza será tanto más celosa ó sensible cuanto el centro de gravedad de la barra que sostiene los platillos esté más cerca del punto en que se apoya; pero siempre tiene que estar ese centro de gravedad ligeramente más bajo que el punto de apoyo para que el equilibrio no sea inestable. En las brújulas, la aguja llena siempre una pequeña cavidad en su centro, en cuyo fondo va el pivote en que la aguja descansa, con objeto de que el centro de gravedad de ella esté más bajo que el punto de apoyo. Una barra descansando sobre el filo de un cuchillo estará en equilibrio mucho más estable si es de forma curva y está con la concavidad hacia abajo (fig. 6.ª), que si es recta (fig. 7.ª); pero si se le agregan pesos en los extremos que hagan bajar su centro de gravedad (fig. 8.ª) puede encontrarse en equilibrio tan estable como en la primera de las citadas posiciones.

Fig. 6.ª

Fig. 7.ª

Fig. 8.ª

CAPÍTULO XXVIII

La tornería.—Transmisión de rotaciones.

Varias de las piezas de madera que componían la casa del globo eran torneadas. Así lo había querido Don Juan para dificultar los trabajos y para obligar á sus alumnos á discurrir la manera de llevarlos á cabo.

Porque lo que se trataba de hacer no era fácil, no siendo piezas menudas, como las que generalmente labran los torneros, las que había que trabajar, que eso hubiera sido muy sencillo para los muchachos, sino largas y gruesas vigas formadas de piezas acopladas y empalmadas, como varias veces he dicho, las cuales no era posible tornear por los procedimientos comunes.

Dejaré para más adelante la descripción de los mecanismos que hubo que emplear para mover y trasladar tanto esas piezas como otros objetos pesados de una parte á otra, y trataré ahora del arte de la tornería y de las aplicaciones que tuvieron que hacer de ella los alumnos de Don Juan en aquella ocasión.

El torno es, sin duda, uno de los instrumentos más importantes y útiles que se conocen. Se le usa en multitud de oficios, y no hay taller de construcción en que no sea indispensable. Empléasele, no sólo para labrar superficies cilíndricas, sino cónicas, esféricas, elípticas y helicoidales, (*) y tanto en maderas de todas clases como en hierro, latón, cobre, bronce, marfil é infinitas otras materias. Las aplicaciones del torno son, pues, innumerables.

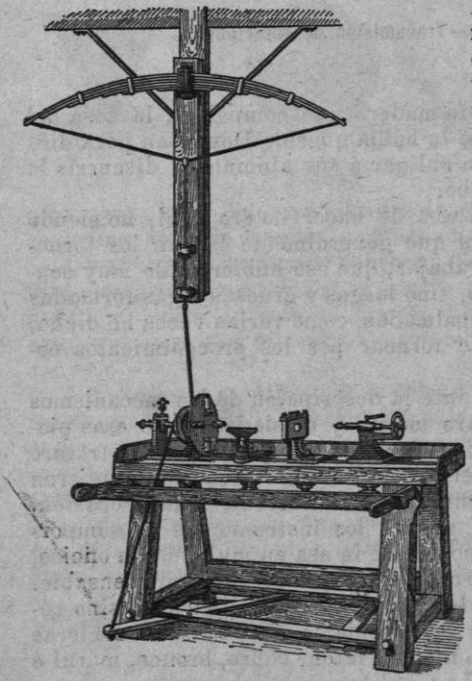
Hay multitud de sistemas de tornos, según la materia que hayan de trabajar, la clase de trabajo que hayan de hacer, las

(*) Esto es, de figura de hélice, como los tornillos.

UNED

combinaciones de órganos de que se compongan y la naturaleza de las fuerzas motrices que se usen para ponerlos en movimiento.

Prescindiremos aquí de los grandes tornos mecánicos que se emplean en la construcción de los ejes de máquinas, cañones y otras enormes piezas de hierro y acero; tornos que, sobre necesitar grandes fuerzas para ser movidos, exigen, por la precisión y exactitud del trabajo que han de verificar, procedimientos mecánicos para colocar, centrar y mover las piezas que han de labrarse y las herramientas que han de ejecutar el trabajo. No trataremos sino de los tornos pequeños movidos por el mismo operador, por un ayudante ó por fuerzas mecánicas poco considerables.



Torno de ballesta.

El que la figura adjunta representa es uno de los llamados «de ballesta», por la que va montada en el techo del taller, y cuya elasticidad sirve de fuerza motriz para imprimir al torno las medias vueltas hacia arriba, comunicándosele las contrarias, ó sea las medias vueltas hacia abajo (únicas que se aprovechan), por medio del pedal que lleva en la parte inferior del banco.

Esta clase de tornos, lo mismo que los movidos por una especie de violín como el de la segunda figura de la página siguiente, que tiene también otras aplicaciones, y de los cuales no damos aquí representación gráfica, tienen el inconveniente de ser de movimiento muy lento, alternativo, y sólo aprovechable, como ya se ha di-

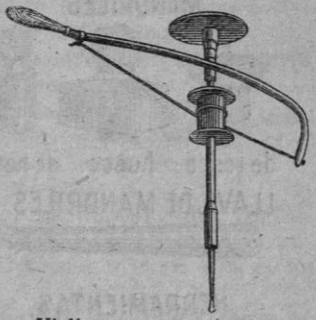
UNED

cho, en aquel de los dos períodos en que se divide en que el objeto gira hacia el operador y en que puede éste presentar contra él el filo de la herramienta.

En este otro torno, llamado «de pedal», el movimiento de rotación es continuo y puede aprovechársele por completo.

Torno de pedal.

El representado en la lámina de la página 236 (en que lo están también varios accesorios y herramientas de tornería), es un pequeño torno mecánico que recibe movimiento por medio de una correa sin fin.



Violín para mover tornos y taladros.

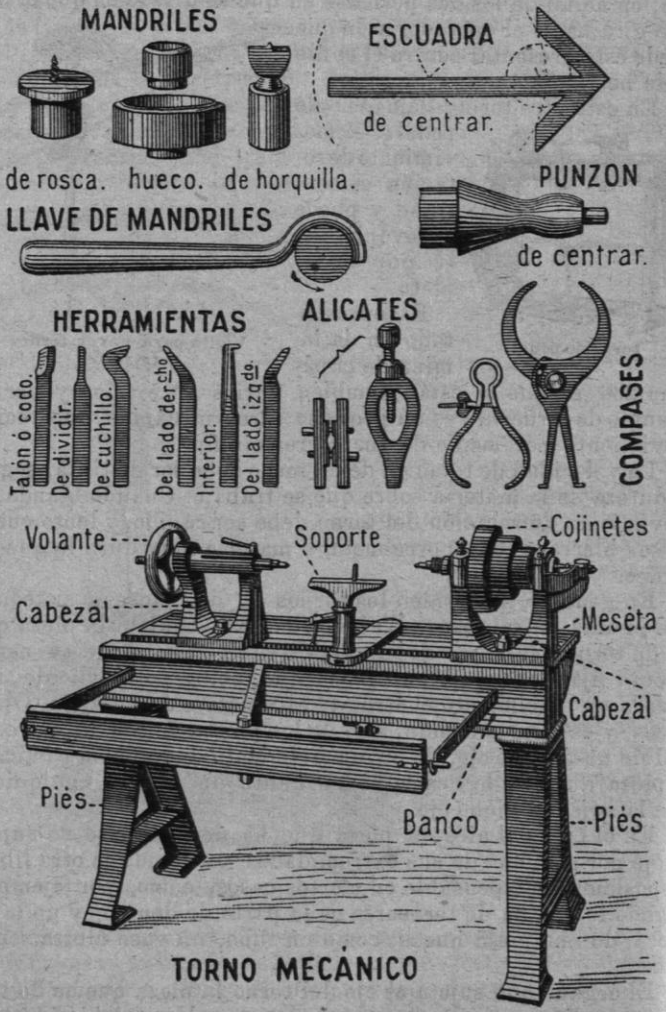
La velocidad de rotación de un torno debe ser distinta, según la dureza de la materia sobre que se trabaje. Cuando blanda, el movimiento de rotación del torno debe ser rápido, y lento cuando sea hierro, acero ú otro metal ó materia muy dura lo que se tornee.

En general, se dividen los tornos en dos clases ó sistemas: «de puntas» y «al aire». En los primeros se sujeta la pieza que ha de tornearse entre dos puntas fijas, y se la pone en movimiento fijando en ella una polea que recibe por medio de una cuerda un movimiento continuo ó alternativo de rotación. Otras veces, y es lo más común, una de las puntas forma la extremidad de un árbol ó eje, de cuyo movimiento de rotación participa la pieza que ha de tornearse mediante un órgano cualquiera que la sujeta á dicho eje.

En el torno al aire, la pieza que ha de tornearse va sujeta al eje por sólo una de sus extremidades, quedando la otra libre; disposición indispensable en ciertos casos, como, por ejemplo, cuando lo que ha de tornearse es la parte de dentro, y no la de fuera, de una pieza hueca, como un tubo, un vaso ú otra semejante.

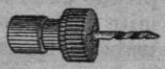
El órgano que sujeta al eje del torno la pieza que ha de tornearse se llama *mandril*, nombre que se aplica también á otros

UNED

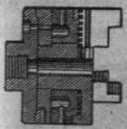

MANDRILES
de rosca.
hueco.
de horquilla.
ESCUADRA
de centrar.
PUNZON
de centrar.
LLAVE DE MANDRILES
HERRAMIENTAS
Talón ó codo.
De dividir.
De cuchillo
Del lado derecho.
Interior.
Del lado izquierdo.
ALICATES
COMPASES
Volante
Soporte
Cojinetes
Cabezál
Mesèta
Cabezál
Piès.
Banco
Piès
TORNO MECÁNICO

instrumentos mecánicos muy distintos. Hay mandriles de muy distintos sistemas y figuras, algunos de los más comunes de los cuales están representados en los grabados siguientes.

El marcado con el número 1 es un mandril «de taladro», cuya punta entra en la pieza que ha de tornearse; el número 2 es un mandril «de mordaza», que la sujeta entre los órganos á que debe su nombre, con la ventaja no despreciable de no exigír la operación, á veces engorrosa, del centrado, por encargarse de hacerlo esos mismos órganos, avanzando todos á un mismo tiempo á sujetar á la dicha pieza.

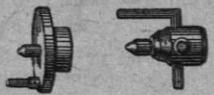


1



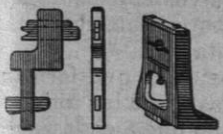
2

También se sujeta la pieza que ha de tornearse por medio de los *alicates,* de los que algunos se representan en la lámina de la página anterior, á que varias veces nos hemos referido, y por medio del *plato y alicate* (a) ó del *plato y perrillo* (b) aquí representados.



(a) (b)

Cuando se trata de tornear piezas largas y delgadas que pudieran cimbrearse, se las apoya en el espacio comprendido entre las puntas del torno, en unas piezas llamadas *lunetas.* De las aquí representadas, la (c) es para trabajos en madera, y la (d) para trabajos en metales.



(c) (d)

Para encontrar rápidamente el centro de una pieza de sección circular, se usa la *escuadra de centrar,* representada en la lámina de la página anterior, bastando trazar con un lápiz ó punzón una recta por el borde del brazo largo en una posición de la escuadra en que los dos brazos menores abracen al objeto cuyo centro quiera hallarse, y otra análoga en otra posición de la escuadra, y fijando el punto de intersección de ambas.

También se puede determinar pronto el centro de una pieza de poco diámetro por medio del *punzón de centrar,* también representado en la misma lámina. Vense en ella tres otros mandriles sobre los ya citados: el de «rosca», el «hueco» y el de «horquilla», entre los muchísimos más que pudieran enumerarse, pues hay grandísima variedad de ellos.

UNED

No debemos de ningún modo pasar por alto el «mandril oval», aquí representado (fig. 1.ª), el cual, mediante un movimiento especial que se le imprime, produce superficies elípticas y no cilíndricas, ni el mandril «de descentrar» (fig. 2.ª), empleado en el *torno al aire* de que ya se ha hablado, y que permite variar según se desee el punto de giro de la pieza que se trabaja. En la figura auxiliar que acompaña á la última citada

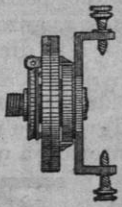


FIG. 1.ª

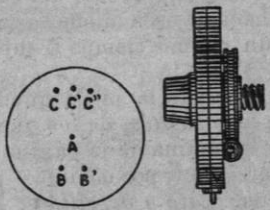


FIG. 2.ª

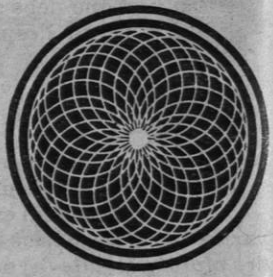
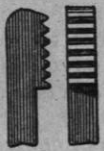


FIG. 3.ª

se señala su centro geométrico *A*, y otros *B*, *B'*... *C*, *C'*, *C''* situados sobre círculos interiores de ella, que pueden ir sirviendo sucesivamente de puntos de giro ó centros de rotación durante el trabajo. Con ese mandril, y variando convenientemente los centros de rotación, se hacen esas lindas labores llamadas *guillochados*, como el que la figura 3.ª representa.

Con el torno pueden labrarse hélices como las que forman los machos y hembras de los tornillos, las rayas de las ánimas de las armas de fuego, etc., bastando para ello que á cada vuelta completa del torno avance la herramienta (ó la pieza que estuviera torneándose, si fuera ella la dotada de movimiento de traslación) una distancia equivalente al paso de la hélice

1



2

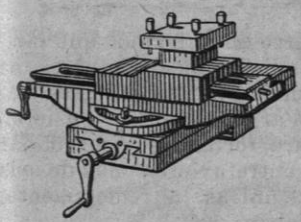
Las figuras adjuntas representan herramientas de las llamadas *peines*, que sirven para practicar á mano en el torno roscas exteriores é interiores en latón y en madera dura. La primera contiene dos proyecciones, una lateral y la otra posterior del peine para roscas exteriores ó machos; la segunda,

UNED

otras dos, lateral la una y anterior la otra, para roscas hembras ó tuercas. Se comprenderá fácilmente la habilidad que para el manejo de tales herramientas se requiere.

Las herramientas más comunes del tornero son la *gubia*, el *formón*, la *cuchilla de dividir*, la *cuchilla de lado* y la *cuchilla redonda*, todas ellas representadas en grabados que se dan ahora ó que se han dado ya al tratar de la carpintería, porque pertenecen también á ese oficio. El adjunto representa un *buril de punta de diamante*, herramienta muy empleada en el torneo de objetos metálicos.

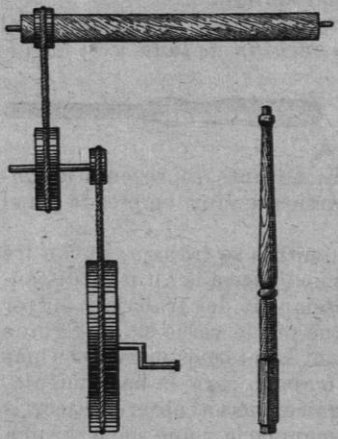
Para apoyar la herramienta mientras se trabaja, llevan los tornos un soporte situado en el mismo banco á la altura y distancia convenientes para el mejor desempeño del trabajo y mayor comodidad del operador, soporte que puede verse en las figuras de tornos que poco atrás hemos dado. Los tornos mecánicos más perfectos, además de ese soporte ó apoyo para la herramienta, llevan un órgano portador de ella que excusa al obrero la necesidad de manejarla y que suele ser una especie de carrillo, de forma más ó menos complicada, que se mueve á corredera á lo largo de una ranura que lleva el banco, que en tales casos es todo él de hierro. La figura adjunta representa uno de tales *carrillos portaherramientas* (que así se llaman), cuyo simple examen deja comprender los varios movimientos y posiciones que por su medio puede recibir la herramienta montada en la meseta en que por la parte superior terminan.

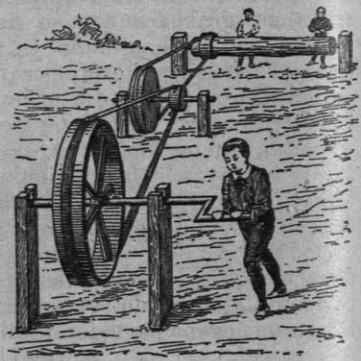


Para tornear los pilares de la casa discurrieron los alumnos de Don Juan construir una especie de torno rústico de gran tamaño, en el que, mediante varias poleas ó garruchas, de las cuales una se hacía girar á mano y otra estaba montada en la pieza misma que había de tornearse, giraba ésta rápidamente entre dos puntas de hierro fijas en dos gruesos maderos firmemente hincados en tierra. Las figuras de la página siguiente representan ese torno en perspectiva y en proyección vertical, y uno de los pilares de la casa ya torneado.

UNED

La construcción de las poleas la hicieron en el mismo pequeño torno de pedal en que verificaban sus trabajos comunes





de tornería, y la de las puntas de hierro en la fragua que también tenían en la casa para esos y otros trabajos manuales, en los que estaban varios de ellos sumamente prácticos. Esos trabajos y el de forjar las abrazaderas ó argollas que se pusieron á los pilares después de torneados para fortalecer y consolidar sus ensambladuras y empalmes, los entretuvieron más de seis meses, porque no eran esas faenas las únicas, ni remotamente, á que en casa de Don Juan se entregaban.

Pero no debo pasar adelante sin dar algunas ideas sobre un punto de Mecánica íntimamente relacionado con las maniobras á que acabo de hacer referencia.

Comenzaré diciendo que, entre los varios procedimientos que se siguen para comunicar á un eje el movimiento de rotación de otro, se cuentan el de montar en ambos ruedas que se comuniquen sus movimientos de giro por simple contacto entre ellas, ó por engrane de los dientes de que estén armadas en sus contornos, ó por medio de cuerdas, correas ó cadenas sin fin.

El transmitir el movimiento de rotación por cuerdas y correas sin fin, se usa cuando los ejes estén bastante distantes entre sí, la fuerza que haya de vencerse no sea muy grande y el giro

UNED

es rápido, porque en otros casos se verifica la transmisión por ruedas dentadas.

Conviene fijarse en que, cuando las ruedas son de igual tamaño, los movimientos de rotación de ambas, sea cualquiera la manera en que se transmitan, son igualmente rápidos; pero si son distintas, la más pequeña andará tanto más velozmente que la otra cuanto mayor sea la diferencia entre sus diámetros: esto es, que de dos ruedas que la una sea tres veces mayor, por ejemplo, que la otra, dará tres vueltas completas la pequeña mientras da una la grande, hecho de que se hace gran aplicación en la relojería.

Tuviéronlo muy en cuenta los muchachos para hacer girar rapidísimamente los maderos que tenían que tornear, estableciendo las poleas en la disposición que se advierte en la figura de la página anterior, y graduando de tal manera sus diámetros, que mientras el muchacho que hacia girar la primera polea daba una vuelta al manubrio, daba diez el madero que se estaba torneando. Ese mismo sistema se emplea para hacer voltear con velocidad vertiginosa á las turbinas.

Los movimientos de rotación se transmiten también por medio de ruedas acopladas, como en las locomotoras, y de cadenas sin fin, como en las bicicletas.

Las figuras siguientes ilustran el punto de que se trata. En la 1.ª se representa la transmisión de rotaciones por simple contacto entre las ruedas; en la 2.ª, por medio de correas sin fin;

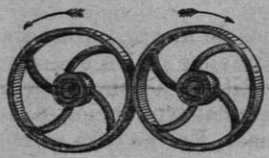


FIG. 1.ª

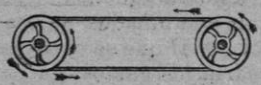


FIG. 2.ª

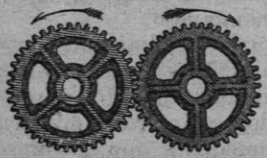


FIG. 3.ª

FIG. 4.ª

UNED

en la 3.ª, por ruedas dentadas. La 4.ª representa una rueda dentada y un piñón, en que, como ya se ha dicho, las velocidades respectivas de rotación están en relación contraria de sus diámetros, de modo que el piñón, que es cuatro veces más pequeño que la rueda, andará con cuádruple velocidad que ella.

CAPÍTULO XXIX

La industria del hierro.

Tanto abunda el hierro en la Naturaleza, que apenas hay tierra que no lo contenga. El color rojo subido de muchas de ellas se debe á la gran cantidad de hierro de que se componen.

Pero si el hierro abunda, nunca se le encuentra puro, sino combinado con otras substancias metálicas y no metálicas. Cuando menos, lo está con el oxígeno formando óxidos. Los minerales más ricos en hierro contienen las siete décimas partes de su peso de ese metal.

Siendo tan comunes los minerales de hierro, es natural que sólo se exploten aquellos cuya separación de las materias con que están combinados no sea muy difícil y penosa, porque el valor del metal que se obtuviese de una explotación difícil no compensaría los gastos que ocasionase. En ese caso se encuentran aquellos minerales de hierro en que entran en cantidades considerables el fósforo ó el azufre. En cambio, se tienen por muy buenos los abundantes en manganeso.

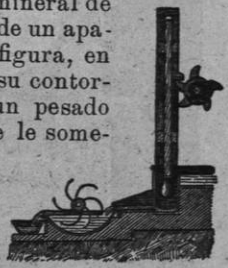
El hierro enteramente puro, que es el llamado *hierro dulce*, es muy dócil á la presión y al martillo y requiere altísimo calor para fundirse. Se ablanda, sin embargo, fácilmente al fuego y se suelda consigo mismo. Se deja reducir á láminas muy delgadas y á hilos muy finos, propiedades que se expresan diciendo que es muy dúctil y maleable.

UNED

La *fundición* ó *hierro colado,* que de ambas maneras se dice, y también el *acero,* son combinaciones del hierro con el carbono, ó sea, en términos científicos, *carburos de hierro,* muy distintos del hierro puro en aspecto y en propiedades, y muy distintos también unos de otros según las proporciones de carbono que entren en su masa. De todas esas combinaciones, el acero es la que menos carbono contiene.

Las fundiciones ó carburos de hierro son tanto más duras, más quebradizas y más fusibles, cuanto más carbono entre en ellas. No hay que confundir la dureza con la resistencia á la rotura. El vidrio, que es durísimo, se rompe al menor golpe, y lo propio le sucede á la fundición.

Para obtener el hierro, lo primero que se hace es moler ó triturar el mineral para eliminar las piedras y tierras con que esté mezclado, y en seguida lavarlo; de las cuales operaciones, la primera suele hacerse, lo mismo para el mineral de hierro que para otro cualquiera, por medio de un aparato como el representado en la adjunta figura, en que una rueda armada de uñas ó levas en su contorno, levanta y deja caer sucesivamente un pesado pilón que corre por unas guías. Después se le somete á varias operaciones, con objeto de aislarlo de las materias con que esté combinado.



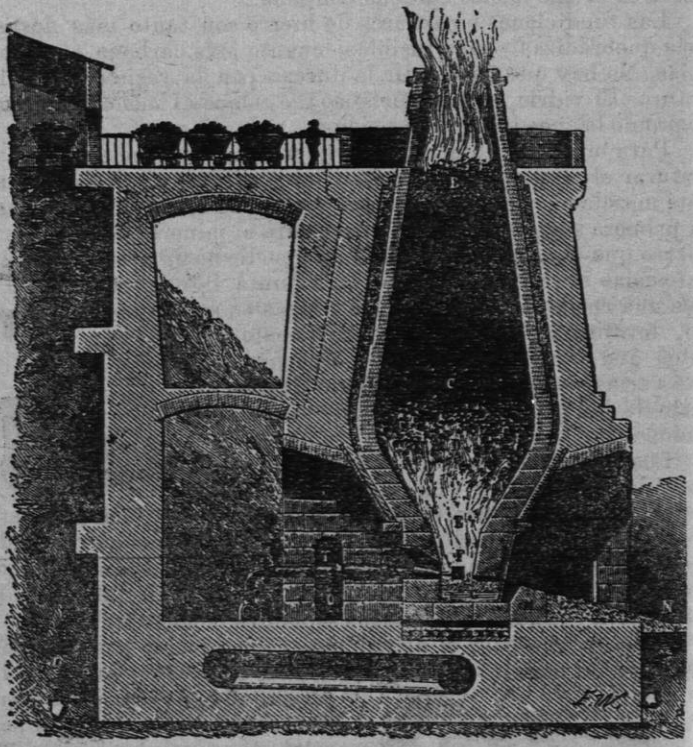
Los minerales de hierro muy puros, como los de Suecia y Vizcaya, pueden ser reducidos al estado metálico sin pasar por el de fusión. Basta para ello someterlos al fuego bajo la acción de una corriente de aire, que va eliminando las substancias con que están combinados. Prodúcese esa corriente de aire por medio de fuelles ó de cualquiera artificio de los varios soplantes conocidos.

De la fragua pasa el hierro, muy reblandecido por la acción del calor, al martinete, donde suelta las escorias y se le da la forma que se quiera. Esos martinetes suelen ser movidos por saltos de agua, y los hay de varias clases. El grabado adjunto representa uno de los más comunes, en que una rueda movida generalmente por un salto de agua, y armada en su contorno de unas uñas llamadas *levas,* va levantando la cabez adel marti-

UNED

nete al paso de cada leva, y dejándola caer por su propio peso cuando la dicha leva la abandona.

Lo más general hoy es obtener el hierro en estado de fundición, ó sea de *carburo,* fundiendo el mineral en el llamado *alto horno.* El alto horno *(véase la figura)* es una fábrica á modo de torre que lleva dos aberturas en su parte inferior: la una, que es



Alto horno.

la tobera, para inyectar en el interior del horno el aire que impele un enorme fuelle ó máquina soplante movida por agua ó

vapor; la otra, que se abre ó cierra según sea necesario, para dar salida al mineral fundido.

Primeramente se carga el horno de carbón de madera ó de piedra, ó bien de leña en aquellos países en que abunda, y se le prende fuego. Cuando está éste bien encendido, se echa por la boca del horno, que es la abertura de arriba, una primera carga de mineral, y tras de ella otra de combustible, á las que siguen otras semejantes alternadas de lo uno y de lo otro hasta henchirlo por completo. El aire impelido por la máquina soplante atraviesa toda la masa de carbón y de mineral que llena el horno, produciendo una temperatura altísima, que provoca la combinación del hierro con el carbono y la fusión de toda la masa encerrada en el horno, á la cual se va dando salida por la abertura inferior. La masa líquida corre por una rígola ó canal que la conduce á los moldes ó depósitos, donde, al cabo de cierto tiempo, se enfría y solidifica.

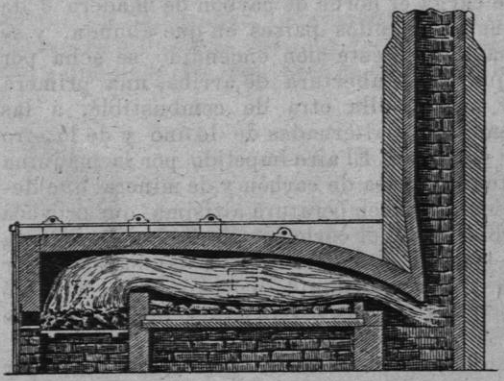
A medida que van bajando el mineral y el combustible por el tragante del horno, se echan en éste nuevas cargas alternadas de una y otra materia para mantenerlo constantemente henchido; porque la campaña, que así se llama, de una de esas fundiciones dura meses enteros, no siendo en modo alguno económico encender un alto horno para fundir una cantidad corta de mineral. Durante todo el tiempo que está funcionando el horno, el óxido de carbono que se produce en su interior sale por la boca del tragante ardiendo con una llama azulada.

El metal fundido que sale del alto horno es impurísimo, conteniendo no sólo una gran proporción de carbono, sino también de sílice, potasa y otras materias que siguen combinadas con el hierro después del enfriamiento. No obstante su impureza y la condición de quebradizo que en alto grado posee ese metal, se le moldea en parte en hormas y se le entrega al comercio en tal estado, formando ciertos objetos bastos que no requieren estar hechos de mejor materia; pero la mayor parte de él se destina á ser refinado por cualquiera de los varios procedimientos que para el caso se usan.

Uno de ellos consiste en calentarlo hasta la fusión en un hogar bajo, al que se hace llegar una corriente de aire que se apodera de una parte del carbono que el metal contiene; después de la cual operación, de que sale convertido en placas que se quebrantan en pequeños trozos, se le lleva á un horno de

UNED

reverbero como el que la figura adjunta representa, cuya capacidad interior está dividida en dos partes: una delantera, ocupada por la parrilla en que se quema el combustible; la otra, en segundo término, en que se vuelve á fundir el metal, que un obrero revuelve de continuo con un largo hurgón de hierro para ponerlo en contacto con el aire y que vaya éste quitándole el carbono.



Horno de reverbero.

A medida que pierde carbono el metal fundido, pierde también su fluidez hasta reducirse al estado semipastoso que á la temperatura allí reinante corresponde al hierro dulce, que, como ya he dicho, se funde á temperaturas mucho más altas que el hierro carburado que constituye la fundición.

Fig. 1.ª

En ese momento se le saca del horno y se le lleva al martinete ó, en talleres montados en muy grande escala, al *martillo pilón* (figuras 1.ª y 2.ª), que golpeándolo reciamente en todos sentidos, le hace escupir las escorias que lleva en su masa.

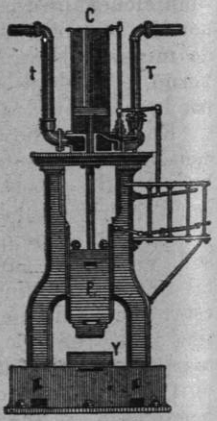


Fig. 2.ª

UNED

En la figura 2.ª se ve en corte ese aparato, del que la figura 1.ª es una vista en perspectiva. El vástago ó barra de acero en cuyo extremo inferior va el martillo (que es un zoquete del mismo metal que corre por unas guías), lleva en el otro extremo un émbolo que se mueve dentro del cilindro *C*, que recibe el vapor por el tubo *T* y comunica con el aire por el *t*. Cerrada la llave de este último, se hace subir el martillo abriendo la del primero, por medio de una palanca que un obrero maneja desde el suelo ó desde un puentecillo situado al lado del aparato, y se le deja caer con la velocidad que se quiera, abriendo más ó menos, también mediante una palanca que el mismo obrero pone en movimiento, la comunicación con el aire.

Enfriada bastante en esa operación la masa de hierro, se la vuelve á calentar al rojo albo y se la pasa en seguida por los laminadores, que le dan la forma de chapas, carriles, barras ó la que haya de tener para ser entregada al comercio.

La figura 3.ª representa un taller de laminar, en que puede distinguirse en último término el volante de la máquina de vapor que mueve los aparatos; y en la parte alta, y próximos á las vigas del techo, los rieles de la vías aéreas por las que ruedan los carrillos que, mediante varillas colgantes, llevan en suspensión los trozos de hierro calentados al rojo que salen de los hornos para ser conducidos á los laminadores. Son éstos, como su mismo nombre ya lo indica, unos cilindros separados por distancias sucesivamente decrecientes, por entre los cuales se hace pasar á la masa de hierro para ser reducida á láminas ó chapas cada vez más delgadas. También se emplean los laminadores para forjar barras de hierro ó de acero de la figura que se quiera, dando esa misma figura á los espacios que

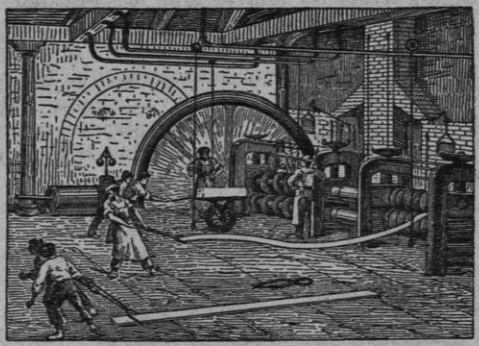


FIG. 3.ª

UNED

median entre los cilindros, como lo indica bastante claramente la figura 1.ª, que representa en corte unos laminadores de ese género.

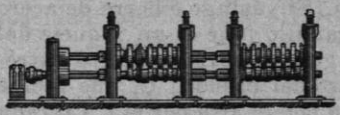


FIG. 1.ª

Así se forjan barras redondas y cuadradas de hierro ó de acero, rieles de ferrocarril y esas otras barras de gran variedad de formas, como las que en la figura 2.ª se representan, tan empleadas hoy en la construcción terrestre y en la naval, desde que los adelantos industriales han permitido obtener el hierro y el acero á precios económicos.

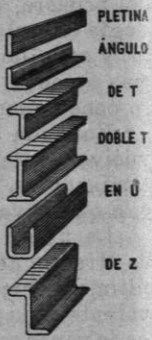


FIG. 2.ª

El acero no es sino una combinación de hierro con 1 á 1 $^{1}/_{2}$ por 100 de su peso de carbono. Puede fabricársele, pues, de dos maneras: ó carburando el hierro dulce, ó descarburando la fundición hasta no dejarle sino la cantidad de carbono que entra en la constitución del acero.

Ambos sistemas se siguen en muy diversas formas. Citaré como más conocida la que consiste en calentar durante varios días, en unas á modo de cajas de arcilla refractaria colocadas dentro de un horno (fig. 3.ª), capas alternadas de barras de hierro dulce de la mejor calidad y de carbón; operación que suele ser seguida por la de fundir en crisoles las barras de acero obtenidas de la primera parte del procedimiento (fig. 4.ª).

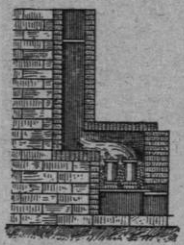


FIG. 3.ª

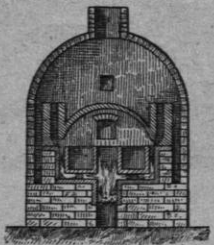


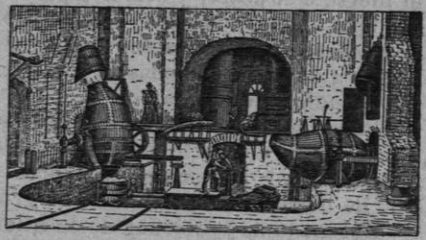
FIG. 4.ª

Uno hay ingeniosísimo para descarburar hasta el punto que se quiera las fundiciones salidas del alto horno, convirtiéndolas bien en acero, bien en hierro dulce: el llamado «procedimiento de Bessemer», por el nombre de su inventor, y que consiste en hacer pasar una corriente de aire forzado á través de la masa líquida del hierro fundido encerrado en retortas especiales llamadas *convertidores*.

UNED

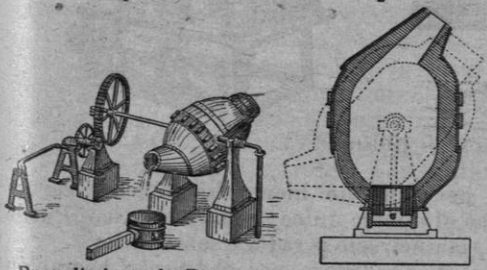
Ese hierro fundido contiene la cantidad de carbono que forma parte de su constitución; carbono que combinándose á la alta temperatura á que la operación se verifica con el oxígeno del aire inyectado en la retorta, va escapándose de ella transformado en óxido de carbono, dejando en libertad al hierro si se apura la operación hasta ese punto, ó convirtiéndolo en acero si se la detiene en el conveniente para el logro de ese resultado.

La elevadísima temperatura producida en la retorta por la corriente de aire al quemar el carbono, la rapidez con que esa combustión se verifica, la violencia del hervor y los cambios de color de las llamas que salen rugiendo por la boca del aparato pasando del morado al anaranjado, y por último al blanco, tan fulgente que deja muy atrás á la luz eléctrica más brillante, al par que hacen interesantísima y en extremo curiosa la marcha del trabajo, son indicios que permiten al operador seguirla en todas sus fases y detenerla en el momento que le convenga, según la clase de producto que desee obtener.



Procedimiento de Bessemer.—Taller.

1 2



Procedimiento de Bessemer: 1, retorta; 2, corte de la misma.

Ninguna invención de cuantas se han hecho en el siglo XIX ha enriquecido tanto á su autor como la de ese procedimiento de Bessemer. Las tres figuras anteriores dan de él clara idea. La primera representa un taller, en que pueden verse dos de las mencionadas retortas ó convertidores, el de la izquierda trabajando, y el otro en vías de descargarse del metal fundido que lleva en su interior. En las otras dos se repre-

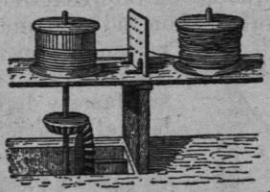
UNED

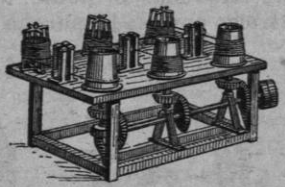
senta aisladamente en perspectiva y en corte uno de esos convertidores, que, como puede verse, es giratorio alrededor de los muñones de que va provisto para facilitar su carga y descarga.

Ya convertida la fundición en hierro dulce ó en acero, pasa, como he dicho, al martillo y á los laminadores; pero de algún tiempo acá, en los grandes talleres metalúrgicos se prefiere en muchos casos al martillo la prensa hidráulica, que sin golpear el hierro ó el acero, y sólo comprimiéndolos con fuerza enorme, produce efectos análogos al martillo, y lleva á éste la ventaja de poderse aplicar á piezas de mayor tamaño, dándoles la forma que se quiera. Así se construyen hoy las mayores y más gruesas planchas de blindaje.

Para fabricar alambre de hierro se emplea la hilera, máquina que lleva una serie de agujeros de diámetros de más en más pequeños, por los cuales se fuerza á pasar sucesivamente al hilo de hierro hasta reducirlo al grueso deseado.

Del modo de funcionar de la hilera dan clara idea las figuras que siguen, en que están representadas dos de ellas, la una muy sencilla y la otra algo más complicada.





Hileras.

El acero es, como he dicho, un hierro ligeramente carburado. Es más duro que el hierro dulce, y muy elástico. Puede fundírsele, forjársele, laminársele y reducírsele á hilos.

Aumenta notablemente en dureza por el *temple,* operación que consiste en enfriarlo súbitamente sumergiéndolo en agua, sebo, aceite ú otros líquidos, después de haberlo calentado al rojo. Gracias al temple se hacen esas herramientas de acero de filos tan duros que tornean, cepillan, taladran y cortan los metales.

La gran elasticidad del acero permite hacer de él hojas de

UNED

espada, que recobran instantáneamente su forma normal en cuanto se las deja libres después de haberlas forzado á doblarse hasta formar un círculo completo. Esa propiedad lo hace inapreciable para la construcción de muelles y resortes.

El acero es susceptible de recibir tan extraordinario pulimento, que puede sustituir al vidrio en la fabricación de los espejos. Hoy se hacen de acero muchos objetos que hasta hace muy poco solían hacerse de hierro, tales como blindajes de barcos, cañones, rieles de ferrocarril, chapas de calderas de vapor y mil otros, porque la conversión del hierro en acero se ha facilitado y abaratado mucho por el procedimiento de Bessemer, y también por los de Siemens y de Martín, que excuso describir en gracia de la brevedad.

Se ha discutido mucho sobre la antigüedad del uso del hierro. Hasta hace no mucho se creía generalmente que no se remontaba ni siquiera al principio del período histórico, y que era desconocido de los primitivos egipcios y hasta de los griegos del tiempo de la guerra de Troya; pero investigaciones y descubrimientos más recientes han puesto en claro que se le conocía y empleaba en tiempos remotísimos muy anteriores á los históricos.

Columnas de hierro fundido ó de acero.

Lo que sí puede asegurarse es que nunca tuvo la extensión de aplicaciones que en nuestro tiempo, en que ha venido á sustituir, no sólo á otros metales en la factura de multitud de objetos de uso corriente, sino á la piedra, á la madera, al barro y á otras materias.

Muchos objetos que se hacían antes y se siguen todavía haciendo de loza, de barro y de madera, son hoy muy generalmente de hierro y de hojalata, que no es sino hierro reducido á delgadas láminas y cubierto de una capa de estaño.

En la construcción terrestre, y más todavía en la naval, ha sustituído casi completamente á la madera y en gran parte á la piedra, porque no sólo es general hoy el uso de vigas de chapa de hierro, como las representadas en uno de

UNED

los grabados de la página 248, sino también de pilares de hierro fundido y de acero.

Con razón se dice que es el metal más precioso que se conoce, porque su desaparición sería calamitosa en alto grado para el género humano, que se vería privado de muchísimas comodidades de que hoy disfruta, mientras que la del oro y la plata apenas traería otra consecuencia que la necesidad de sustituirlos por otro metal ó por otra sustancia cualquiera en la fabricación de monedas y de joyas.

CAPÍTULO XXX

Otros metales industriales.

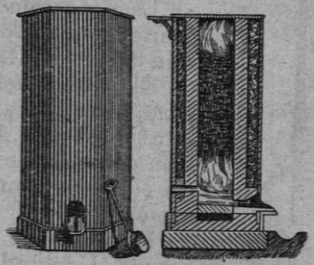
Hay otro metal muy abundante, conocidísimo desde la antigüedad más remota, con multitud de aplicaciones, y que, á falta de hierro, podría sustituirlo en muchas de las que este último metal tiene, aunque imperfectamente en algunas de ellas. Me refiero al cobre.

Es muy raro encontrarlo puro, ni es fácil conservarlo en tal estado por su afinidad con el ácido carbónico del aire, con el que se combina, formando una substancia verdosa, llamada cardenillo, que cubre su superficie, y que no es sino un carbonato de cobre hidratado, ó sea combinado con el agua.

En las minas, lo más común es que se encuentre el cobre combinado con el azufre, el hierro, el arsénico, el zinc, el antimonio y otras substancias, especialmente con el azufre y el hierro.

Primeramente se tritura el mineral para desembarazarlo de las tierras y piedras con que está mezclado *(véase la primera figura de la página 243)*; después se le quema, mediante la cual operación se volatiliza una parte del azufre en forma de ácido sulfuroso, y la otra se queda combinada con el hierro y el cobre.

El mineral que se obtiene de esa calcinación se somete á otra serie de ellas junto con carbón y con una materia silícea que juega el importantísimo papel en esas operaciones de irse llevando el hierro, y dejando el cobre cada vez más puro aunque todavía combinado con substancias como plomo, antimonio y otras, que hay que eliminar por medio de la refinación.



Pequeño horno de afino de cobre.

El cobre, cuando puro, es de color rojo. Se funde á menor temperatura que el hierro. Es muy maleable en frío, ó lo que es lo mismo, se deja reducir á láminas delgadas por el martillo. Es también muy dúctil, esto es, dócil á reducirse á hilos. Después del hierro es el más tenaz de los metales, pudiendo soportar un hilo de dos milímetros un peso de 137 kilogramos sin romperse.

La maleabilidad en frío del cobre permite fabricar de él calderas, cacerolas y otros objetos parecidos, batiéndolo en frío con el martillo de bolas. Un batido muy continuo le hace perder algo de su maleabilidad, que recobra por el recocido, operación que consiste en calentarlo hasta el rojo y dejarlo enfriar. Los grabados siguientes representan objetos de cobre antiguos y

Cacerola de cobre.

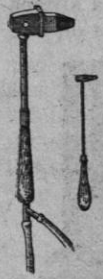
Cacerolas romanas y griegas de cobre.

Martillo de bolas.

modernos y el martillo de bolas con que se bate el cobre, y que también tiene grandes aplicaciones entre los *paileros* ó trabajadores en chapa de hierro.

Para soldar entre sí dos trozos de cobre se emplea bórax, cobre y zinc, que forman juntos una masa muy fusible que se

aplica con el soldador, instrumento de bronce de forma especial, después de haber limpiado perfectamente las superficies que han de unirse.

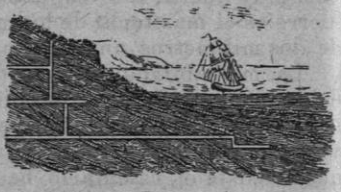


Soldadores de mano y gas.

Las cacerolas de cobre suelen cubrirse interiormente de una capa de estaño para impedir la formación del cardenillo, que es una substancia venenosa.

El cobre suele usársele, más comúnmente que puro, formando aleaciones con otros metales, como el estaño y el zinc. Ligado con el estaño, y á veces también con un poco de zinc, plata y otros metales, forma el *bronce;* con sólo el zinc, el metal llamado *latón* ó *azófar.*

El estaño es conocido desde la antigüedad más remota. Uno de los países donde más abundantemente se encontraba eran las islas Británicas, llamadas por los griegos *Casitéridas,* nombre derivado del que en la lengua griega sirve para designarlo. Todavía hay minas de estaño en Inglaterra, las galerías de una de las cuales se extienden gran trecho por debajo del mar, sintiendo los mineros que en ellas trabajan el ruido de las olas sobre sus cabezas. En la figura adjunta se representa en corte esa mina de estaño.



Se obtiene el estaño triturando y lavando primero el mineral, y quemándolo después en hornos de reverbero para separarlo del hierro, azufre y arsénico, con que suele estar combinado.

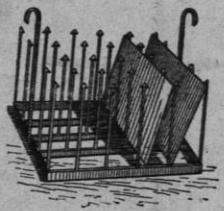
Es extraordinariamente maleable, hasta el punto de reducirse á hojas no más gruesas que las del papel, muy blando, muy fusible y nada tenaz ni elástico.

Tiene muchas aplicaciones, entre ellas las muy conocidas de servir de envuelta á multitud de productos comerciales para preservarlos de la humedad, y de baño al hierro en la fabricación de la hojalata. También se le usa como capa preservativa del cobre de las cacerolas, y como uno de los dos ingredientes que constituyen la soldadura, siendo el otro el plomo.

UNED

Ya se ha dicho que ligado con el cobre forma el bronce; pero de este último metal trataremos más adelante. También entra junto con el zinc, el cobre y otros metales en una multitud de aleaciones conocidas con muy diversos nombres, de que se hacen al presente cubiertos, instrumentos ópticos y matemáticos y muchísimos otros objetos difíciles de clasificar.

Para fabricar la hojalata se limpian cuidadosamente las hojas de hierro, sumergiéndolas en un baño de agua acidulada por una mezcla de vitriolo y ácido clorhídrico, lavándolas después y sumergiéndolas en seguida en un baño de estaño, donde se las tiene como hora y media. Después se las deja secar; se las sumerge de nuevo en estaño y después en sebo fundido; á lo que sigue una limpieza y pulimento que las deja en la forma en que se expenden al público.



Fabricación de la hojalata.

El *zinc* es también conocido desde tiempo antiquísimo, por más que el nombre con que lo designamos sea nuevo en nuestro idioma.

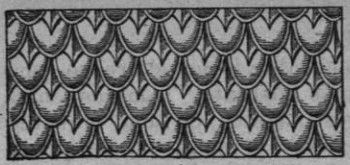
Conocíasele más antes bajo las formas de *blenda* y de *calamina,* que son combinaciones de ese metal: con el azufre la primera, y con el ácido carbónico la última.

Es un metal blando, aunque menos que el estaño y el plomo, muy maleable y dúctil cuando está muy puro, poco tenaz, bastante fusible y poco á propósito para trabajado por la lima, por la propiedad que tiene de entraparla.

El que se encuentra en el comercio no es tan maleable como el puro, y se raja á los golpes del martillo cuando se trata de laminarlo; pero calentado á cierta temperatura no muy alta, adquiere gran ductilidad y maleabilidad.

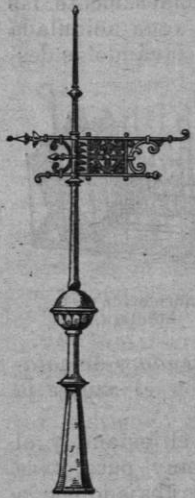
Se le usa mucho para techos, vasijas, cubos, tubos de conducción de agua, adornos repujados y pilas eléctricas, y para la fabricación del hierro galvanizado, latón, *melchor* ó plata alemana y blanco de zinc.

Por las figuras siguientes puede formarse idea de la multitud de cosas que pueden hacerse y se hacen hoy de zinc.

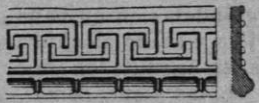


1

5



2



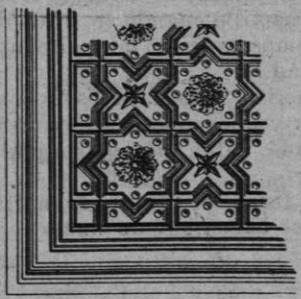
3

4

10

8

9

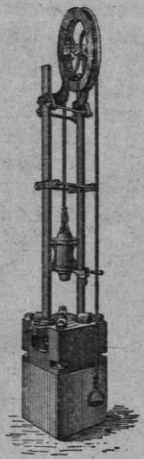


6

7

UNED

La primera representa una cubierta de edificio figurando escamas; la segunda, una aguja para remate de capitel; la tercera, la cuarta y la quinta, adornos de frisos; la sexta y la séptima, techos de habitaciones; la octava, la novena y la décima, bocas de canalones de bajada de aguas. Todos esos objetos de utilidad y de ornato y otros muchos más complicados, y hasta estatuas, barandas de escalera y de azotea y otros por el mismo estilo, se hacen de chapas de zinc moldeadas á estampa y soldadas entre sí. Para la operación del estampado se emplean máquinas como la aquí representada, en que las chapas de zinc son comprimidas entre machos y hembras de acero que llevan las figuras que sobre ellas quieren estamparse.



Máquina para estampado de chapas de zinc.

El *hierro galvanizado* es sencillamente hierro recubierto de una capa de zinc para preservarlo de la oxidación. El *blanco de zinc* es un óxido de ese metal, que se obtiene calentándolo en un crisol abierto. Tiene las mismas aplicaciones á la pintura que el *albayalde* ó blanco de plomo.

El *latón,* que es, como se ha dicho, una aleación de cobre y zinc, tiene innumerables aplicaciones. Por citar algunas de las más importantes, recordaré la de servir de envuelta á las vainas de los cartuchos metálicos.

Es más duro, brillante y susceptible de pulimento y menos sujeto á alterarse por la acción del aire húmedo que el cobre; pero más quebradizo y menos dúctil y maleable. En cambio, es más barato, por serlo bastante más el zinc de que se compone, que suele entrar en un tercio de su masa total. El bronce se compone de cobre y estaño, en proporciones variables; porque lo hay de distintas clases, según el objeto á que se aplica: para campanas, por ejemplo, se emplea una aleación, y para cañones otra. El bronce estatuario ó artístico es distinto del de campanas y del de cañones. Debo advertir que ha perdido mucho esta última aplicación desde el empleo de las armas rayadas, por ser metal demasiado blando para sufrir el rozamiento de los proyectiles forzados dentro del ánima.

Hoy los cañones se fabrican casi exclusivamente de acero, desde que la baratura de este último metal, y el empleo de los

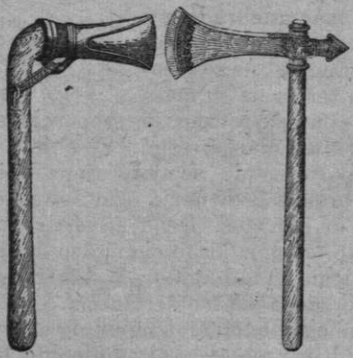
UNED

poderosísimos martillos y prensas con que se le trabaja en los grandes talleres metalúrgicos, han permitido sustituirlo al hierro.

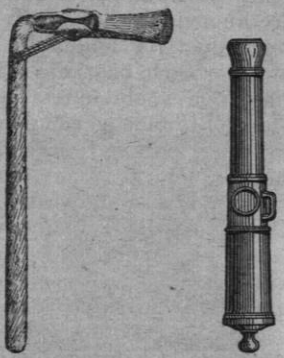
En la antigüedad tenía gran fama para la fabricación de estatuas y otros objetos artísticos el bronce de Corinto, en cuya composición entraba la plata. También se usaba mucho entonces el bronce para las armas, tanto defensivas como ofensivas. Las espadas siguieron haciéndose de bronce en tiempos en que consta positivamente que era vulgar y conocidísimo el hierro. Es más: los romanos usaban espadas de bronce cuando los galos y españoles, que comparados con ellos eran pueblos muy incultos, las usaban de hierro. Se dice que los pueblos antiguos tenían procedimientos, hoy perdidos, para templar el bronce y darle la dureza del acero.

Las figuras siguientes representan algunos objetos de los muchos que se hacían, hacen ó pueden hacerse de bronce. Las más de ellas reproducen armas y otros objetos antiguos, pues

Espadas, hojas de puñal y adornos antiguos de bronce.



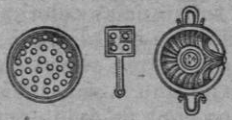
Hachas de bronce antiguas.



Cañón de bronce

Campana de bronce.

Puño de espada antigua de bronce.



Antiguos objetos de cocina.

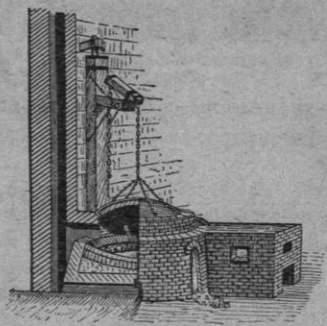
Platillos de música de bronce.

las aplicaciones del bronce son en menor número hoy que en la antigüedad.

El bronce, al contrario que el latón, es más caro que el cobre, por serlo también el estaño, que entra como en una quinta parte en su composición. Calentado al rojo y sumergido de golpe en agua fría, adquiere gran blandura y puede trabajársele bien, lo que no sucede con el bronce fundido, que es demasiado duro. Esa propiedad del bronce es conocida desde tiempo inmemorial por los chinos y japoneses; pero se ignoraba en Europa hasta que fué descubierta hace no mucho tiempo estudiando la composición de los *tan-tan,* platillo músicos chinos de ese metal.

Ya que hemos hablado del estaño y del zinc, diremos algo del *plomo,* metal que tiene gran semejanza con ellos.

El plomo pesa once veces y media más que su mismo volumen de agua; es blando hasta dejarse rayar con la uña, maleable y dúctil, pero de poquísima tenacidad y muy fusible, aunque menos que el estaño.



Horno de refinar plomo.

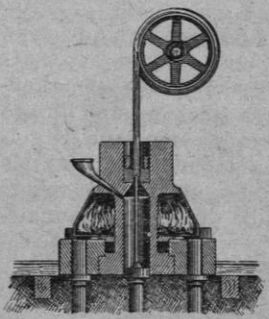
Si se hace pasar, soplando con un fuelle, una corriente de aire á través de plomo fundido, se forma un polvo rojizo en la superficie del metal. Ese polvo es la substancia llamada *litargirio,* que se usa para dar la cualidad de secantes á los aceites que se emplean en la pintura.

También se extraen del plomo otras substancias usadas en

la pintura, como el *minio* ó *azarcón*, de un color rojo vivo, y el *albayalde* ó *blanco de plomo*.

Todas las substancias colorantes procedentes del plomo son venenosas. También es peligroso beber agua que haya pasado por cañerías nuevas de plomo, por lo cual conviene no hacer uso de ella hasta que la superficie interior de los tubos se haya cubierto de una capa de óxido que se interponga entre el agua y el metal.

Usase mucho el plomo para techumbres de edificios y para cañerías. Los perdigones se hacen también de plomo, arrojándolo, fundido, desde un lugar alto, una torre, por ejemplo, á una tina ó depósito colocado al pie de ella. El plomo cae en gotas á modo de lluvia, y se le recoge en la tina, clasificándose después, por medio de cribas de agujeros de distintos calibres, los granos según su grueso.



Fabricación de tubos de plomo.

Las láminas ó planchas de plomo para techos se fabrican haciendo pasar el metal por cilindros laminadores, y los tubos por medio de una máquina muy ingeniosa que trata el metal como si fuese masa de harina para macarrones.

CAPITULO XXXI

El trabajo, la energía y las máquinas elementales.

Una máquina, sea la que quiera, es un instrumento destinado á transmitir energía, para verificar por medio de ella un trabajo.

El agente que pierde energía suele ser llamado *motor*, y el cuerpo que recibe esa energía *resistencia*. La máquina es el órgano intermedio para transmitir la energía del agente motor al cuerpo resistente.

La cantidad de energía que pierde el primero la gana el segundo; ó, diciéndolo de otro modo: ninguna máquina es causa de que cambie ó se modifique la cantidad de energía.

Se han hecho muchos ensayos para construir una máquina que obtenga ese resultado, ó sea, que realice lo que se llama el *movimiento continuo,* ensayos infructuosos todos, como se demuestra que precisamente tiene que suceder por las leyes de la Dinámica.

Todo lo que por medio de una máquina puede hacerse, es variar la relación entre los dos factores *fuerza* y *camino recorrido por el punto á que esa fuerza se aplica,* cuyo producto se conoce en Mecánica con el nombre de *trabajo* de esa fuerza; pero de tal modo hay que variar dicha relación, que el producto de los citados factores, ó sea el *trabajo,* permanezca inalterable.

Supuesta una fuerza y una distancia recorrida por su punto de aplicación, puede hacerse que una máquina traslade de tal manera esa fuerza, que venza á otra mayor, siempre que el producto de esta última por el camino que recorra su punto de aplicación, ó sea su *trabajo,* equivalga al trabajo de la primera, esto es, al producto de ella por el camino recorrido por el punto á que se aplique. Cuanto mayor sea la fuerza que se trate de vencer, tanto más corta será la distancia que se haga recorrer á su punto de aplicación. Este hecho suele expresarse diciendo que lo que una máquina gana en fuerza lo pierde en tiempo (ó en distancia).

Se llama máquinas elementales á la *palanca,* la *polea,* el *plano inclinado,* el *molinete,* el *tornillo* y la *cuña,* que, bien mirado, todavía podrían reducirse á menor número, porque el *molinete* no es sino una forma de la *palanca,* y el *tornillo* y la *cuña* formas del plano inclinado; ó, al contrario, agregarse á ellas algunas más como la *rueda* y el *cabrestante,* por ejemplo, que también son formas de la *palanca.*

La *palanca,* la *rueda,* el *molinete* y el *cabrestante* son máquinas por cuyo medio una fuerza aplicada á cierta distancia de un eje ó punto de apoyo, puede contrarrestar el efecto de otra fuerza mayor aplicada á menor distancia del mismo punto de apoyo; estando la razón de ese hecho en que lo que falta á la primera fuerza para igualarse á la segunda y el total de ambas, lo soporta el eje ó punto de apoyo.

UNED

Hay tres clases de palanca: aquella en que el punto de apoyo se encuentra entre los puntos de aplicación de la fuerza motora y la resistente, como se ve en las figuras 1.ª y 2.ª; aquella otra en que la fuerza resistente está entre la motora y el punto de apoyo, como en las figuras 3.ª y 4.ª; y, por último, aquella en que es la fuerza motora la que se halla entre el punto de apoyo y la fuerza resistente, como en la figura 5.ª La figura 1.ª representa una carretilla para levantar pesos y transportarlos. Las palancas, que son las dos barras, se apoyan, como se ve, en el eje de las ruedas; la 2.ª es una romana, en que el punto

FIG. 1.ª

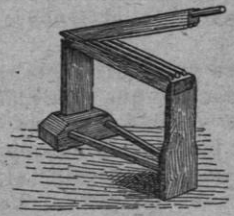


FIG. 4.ª

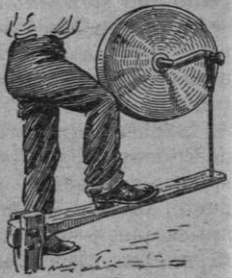


FIG. 5.ª

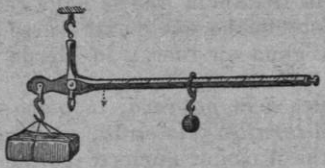


FIG. 2.ª

FIG. 3.ª

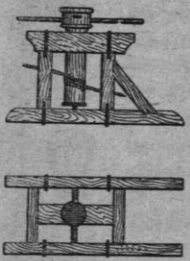
de apoyo es el mismo de suspensión; la 3.ª, un rompenueces, cuyas palancas son los brazos, y el punto de apoyo de ellos aquel alrededor del cual giran; la 4.ª, una agramadera para descortezar el cáñamo, aparato en que la resistencia, que es el haz de cáñamo, está situada entre la potencia que se ejerce en el mango de la palanca y el punto de apoyo de ésta, que es el de giro de la misma; la 5.ª, una piedra de amolar en que la palanca, que es el pedal, recibe la acción de la potencia, ó sea el esfuerzo del pie del operario, entre el punto de apoyo, que está

en uno de sus extremos, y el de aplicación de la resistencia, que está en el opuesto en que se liga á la rueda.

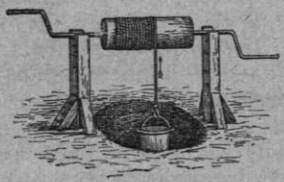
Por todas ellas se ve que las fuerzas motora y resistente son ambas soportadas por el punto de apoyo, que sufre una presión igual á la suma de ambas. Todo lo que la fuerza motora tiene que hacer es contrarrestar la tendencia á la rotación de la resistente, debiendo para ello estar en tal relación los brazos de palanca de la una y de la otra, que los productos de ellas por las fuerzas correspondientes sean iguales, ó dicho más claro, que la fuerza motora multiplicada por su brazo de palanca, ó sea por su distancia al eje ó punto de apoyo, sea igual á la fuerza resistente multiplicada por su brazo de palanca.

He ahí la ventaja mecánica de la palanca y el fundamento de la balanza llamada *romana,* atrás representada, en que el peso que se usa es siempre el mismo, deduciéndose el del objeto pesado por la distancia á que hay que colocar el primero del punto de suspensión.

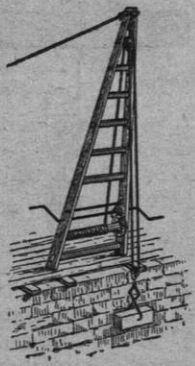
Nótese también que las distancias andadas por los puntos de aplicación de cada una de esas fuerzas están en relación con las



Cabrestante en proyecciones vertical y horizontal.



Molinete.



Cabria.

que las separan del eje; de modo que para hacer que el punto en que se ejerce la resistencia recorra una cierta distancia, es pre-

ciso que recorra otra tanto mayor aquel en que se ejerce la potencia, cuanto menor es la intensidad de la dicha potencia, comparada con la de la resistencia.

Una palanca no se presta á hacer que el objeto á que se aplica ande distancias largas; pero por medio de una sencilla modificación que asegura una acción continua, se elude ese inconveniente. Consiste esa modificación en convertir al punto de apoyo de la palanca en eje de rotación, y á la palanca en una rueda ó manubrio. Así nació el molinete, en el cual, como puede verse por la figura anterior, la distancia del eje al punto de aplicación de la fuerza motora supera tanto á la que hay desde ese mismo eje al punto de aplicación de la fuerza resistente, cuanto es mayor el radio de la rueda ó cigüeña en que se ejerce aquella primera que el del molinete á que se arrolla la cuerda ó cadena en que se ejerce la última.

El *cabrestante* es sencillamente un molinete vertical, y la *cabria* un molinete al que se ha agregado una *polea* ó un *motón*, que es otra de las máquinas elementales.

La *polea* permite contrarrestar aparentemente el efecto de una fuerza resistente con otra fuerza cuya intensidad sea la mitad de la de la primera. La razón de ese hecho está en que el soporte ó apoyo de la polea sufre la otra mitad de aquel esfuerzo, como puede verse por la figura adjunta. Pero nótese también que el punto de aplicación de la fuerza motora *(la punta de la flecha en la figura)* tiene que andar doble distancia que el que se obliga á recorrer al de la fuerza resistente *(el peso que pende de la polea)*.

Polea movible.

Polea fija.

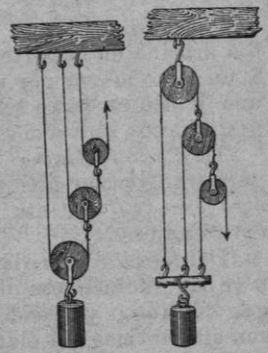
El molinete, no sólo es máquina para transmitir energía, sino también órgano para transformar movimientos, como se advierte en el hecho de recorrer una línea recta el punto de aplicación de la fuerza resistente, y una línea circular el de la fuerza motora. La polea, empleada como en la figura adjunta, deja de ser máquina en que haya ventaja en la transmisión de la energía para reducirse exclusivamente á órgano de transformación de

UNED

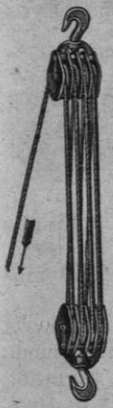
un movimiento rectilíneo en una dirección por otro también rectilíneo, pero en dirección distinta.

Se emplean combinaciones de poleas para transmitir la energía con tanta ventaja como se quiera, disponiéndolas de manera que lo que es resistencia en la primera sea fuerza motora en la segunda, y lo que resistencia en la segunda fuerza motora en la tercera, y así sucesivamente.

Las figuras adjuntas dan mejor idea del procedimiento que las más detenidas y minuciosas explicaciones, pudiendo desde luego notarse que en cada polea se gana la mitad de la fuerza á costa de tener que recorrer para cada una el punto de aplicación de la fuerza motora inicial doble distancia que el de la fuerza resistente. En aquella de las dos figuras en que las poleas son movibles todas ellas, el punto de aplicación de la fuerza motora tendrá que resistir á la octava parte de la fuerza resistente, pero andará en cambio ocho veces el camino que esta última haga recorrer á su punto de aplicación; en la figura en que es fija la polea más alta, la fuerza motora será la cuarta parte de la fuerza resistente, y andará su punto de aplicación, ó sea el extremo de la cuerda, cuatro veces el camino que la fuerza resistente haga andar á su punto de aplicación, ó sea, al peso suspendido de la última polea; diferencia que se funda en que siendo fija la primera de las poleas del sistema, no produce ventaja alguna en la transmisión de la energía.



Combinaciones de poleas.

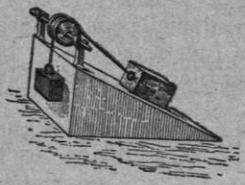


Motón.

Hay otra manera de combinar las poleas, que es la más generalmente empleada, la cual se aplica por medio del aparato llamado *motón*, que se compone de dos grupos de poleas, uno de ellos destinado á recibir la energía de la fuerza motora y el otro de la resistente, siendo una sola cuerda la que se arrolla á todas ellas. De esa forma de utilizar las poleas da idea la figura adjunta.

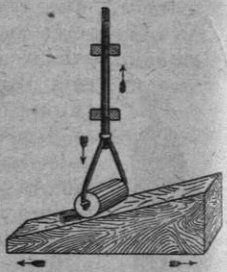
UNED

En el *plano inclinado,* la acción de un peso puede ser contrarrestada por una fuerza menor; siendo el verdadero motivo de ese hecho que lo que falte á la fuerza motora para igualar á la del peso del objeto que trate de elevarse por el plano inclinado, ó sea á la fuerza resistente, lo pone la resistencia que el mismo plano inclinado opone á la presión que sobre él ejerce el dicho objeto.



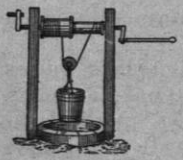
En la figura adjunta se ve que el peso pequeño que pende de la polea fija armada en la parte superior del plano inclinado hará subir á un peso mayor por el plano arriba, y que las distancias que uno y otro recorran serán las mismas; pero que la que suba el peso grande será menor que la que baje el pequeño.

El *plano inclinado* puede emplearse también como órgano para transformar un movimiento rectilíneo en una dirección por otro en otra distinta, como se ve por la figura adjunta.



Del *tornillo* ni de la *cuña* ni que hablar hay, habiéndose dicho ya en otro lugar del libro, y siendo evidente que no son sino formas del plano inclinado.

Las combinaciones que pueden hacerse de las máquinas elementales unas con otras son innumerables. En la primera figura de esta página se ve la de una polea y un plano inclinado; en la cabria, ya representada antes, están combinadas la polea, la palanca y el molinete; en el cabrestante se combinan las más veces, no sólo la palanca y el molinete, sino también ambos con la polea ó con sistemas de poleas.

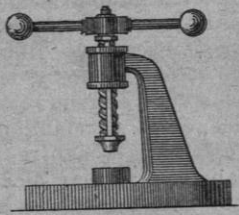


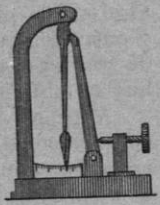
Molinete chino.

La figura adjunta representa el *molinete chino,* en el cual la ventaja mecánica puede aumentarse en el grado que se quiera variando la relación entre los radios de los dos molinetes que lo forman y á que se arrollan los cabos de la cuerda. Se demuestra que esa ventaja está expresada por el radio de la rueda grande ó distancia desde el eje al punto de

aplicación de la fuerza motora, ó sea el brazo de palanca de esa fuerza, dividido por la diferencia de los radios de los molinetes; todo ello multiplicado por dos si hay una sola polea, ó por tantas veces dos cuantos sean los ramales de cuerda que el motón tenga, si es un motón y no una polea lo que se use.

Estas otras figuras representan combinaciones de palanca, molinete y tornillo la primera, y de palanca y tornillo la





segunda. La tercera es una combinación de palancas, no para ganar ventaja en la transmisión de la energía, sino para amplificar movimientos pequeños convirtiéndolos en grandes, caso muy frecuente en los instrumentos de precisión.

CAPÍTULO XXXII

Las herramientas y máquinas para trabajar los metales.

Fuera de las operaciones de forja, fusión y soldadura á que se prestan los metales por su propia naturaleza, se trabajan en general con máquinas y herramientas análogas á las que sirven para labrar la madera. La única diferencia que hay entre los procedimientos está en la necesidadde emplear para los metales mayor intensidad de fuerza, ó, á falta de ésta, mayores cantidades de tiempo á causa de la mayor dureza de la materia.

Los metales, hasta los más duros, se trabajan por medio de

herramientas de acero de durísimo temple, unas manuales y otras movidas por máquinas, aunque, si es necesario, no hay operación que no pueda verificarse á mano, si bien, como puede comprenderse, invirtiendo más tiempo en realizarla.

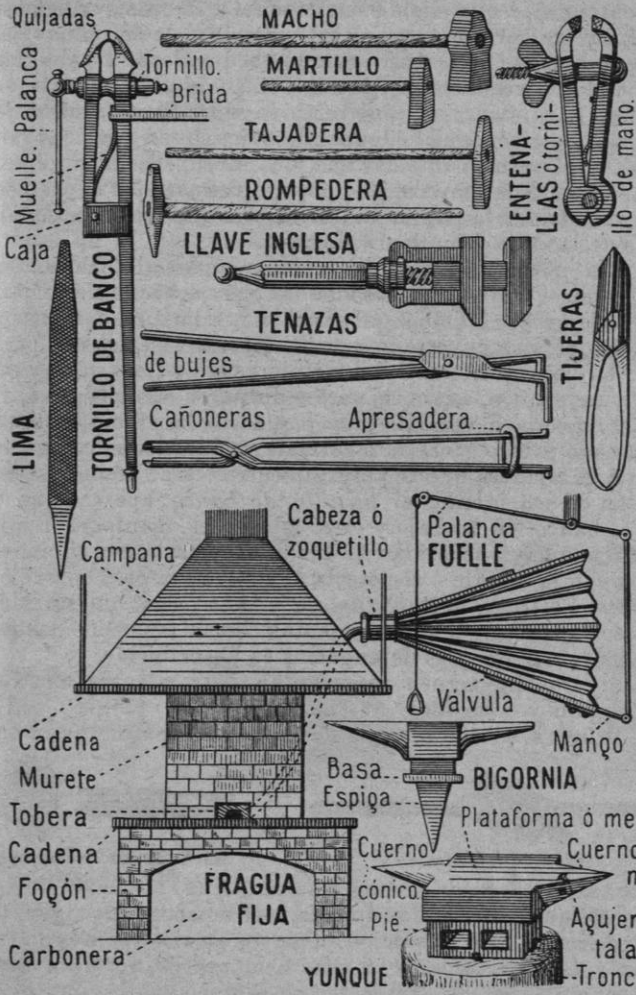
No son el hierro puro y en sus diferentes combinaciones con el carbono, el cobre, el estaño, el plomo y el zinc y las diversas aleaciones que se hacen de ellos, los únicos metales que se emplean en la industria, ni menos los únicos conocidos y estudiados; pues entre los metales industriales hay que contar también al oro, á la plata, al platino, al níquel, al aluminio y al azogue; y entre los que por su escasez ó dificultades de explotación y de tratamiento sólo son conocidos y usados en los laboratorios, hay muchísimos más cuya enumeración sería prolija.

Algunos de ellos, como el manganeso y el cromo, y hasta cuerpos como el fósforo y el azufre no clasificados entre los metales, se emplean para formar ciertas aleaciones metálicas que gozan de propiedades muy útiles para ciertos usos.

Los metales más generalmente empleados en la industria, aunque por lo común más duros que la madera, son mucho más dóciles que ella y que la piedra para adaptarse á las formas que quiera dárseles, y se prestan á muchas operaciones á que ni la piedra ni la madera pueden ser sometidas, como la forja, la fusión, la soldadura, el calcinado, la filatura, el cizallamiento y hasta el estampado por presión á que la madera se presta muy mal y la piedra no sufre absolutamente.

Los metales, en general (y sigo refiriéndome á los más empleados en la industria), pueden ser cortados, aserrados, limados, cepillados, barrenados, taladrados, estampados por presión, forjados, fundidos y moldeados; por más que no todos se prestan en igual medida á todas esas operaciones. Así, por ejemplo, el hierro colado, ó sea la fundición de hierro, en cuya composición entre el carbono en grandes dosis, no puede ser forjado á martillo por lo quebradizo, ni tampoco pasado por el laminador ni por la hilera por lo duro, rígido é indócil. Tampoco el plomo se presta á ser reducido á hilos por lo poco tenaz, ni el cobre á ser moldeado por fusión por no llenar bien el molde y dejar huecos entre la superficie de éste y la suya propia al enfriarse y contraerse. El bronce, en cambio, es muy á propósito para esa operación y por eso se le emplea tanto en la estatuaria.

Para cortar, cepillar, barrenar, forjar y hacer todas las de-



Herramientas de herrero.

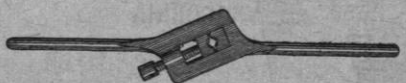
UNED

más operaciones á que suele someterse á los metales, se emplea tal multitud de herramientas y tal variedad de máquinas, no sólo según la clase de trabajo que haya que llevar á cabo, las formas de las herramientas y las combinaciones mecánicas que se empleen para moverlas, sino también según la naturaleza de las fuerzas motrices que pongan en movimiento á esas máquinas, que se hace imposible dar una idea, ni superficial siquiera, de todas ellas. Nos limitaremos, pues, á recomendar el examen de los grabados de la página anterior, en que se representan algunas de las más sencillas y elementales.

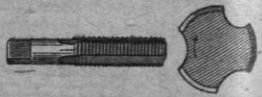
En ella pueden verse, en primer lugar, la fragua en que se echa el carbón y se caldea la pieza que ha de forjarse; el fuelle, cuyo objeto es activar la combustión del carbón por medio del aire inyectado por la tobera; las tenazas para agarrar la pieza de hierro ó del metal que sea y llevarla al yunque; el yunque, con las varias partes de que se compone; el martillo y el macho ó mandarria para machacar la pieza que haya de forjarse ó para perforarla ó cortarla, golpeando el cincel, el punzón ó la tajadera que se aplican contra ella. También se representan en esa lámina el *tornillo de banco,* aparato que se sujeta al banco de trabajo y cuyo objeto es mantener fija la pieza cuando haya necesidad de limarla, cortarla con el cincel, roscarla con la terraja ó someterla á cualquiera otra operación semejante. La *lima,* la *llave inglesa* y las *tijeras,* que también se ven en la lámina, son herramientas demasiado conocidas para que merezcan que nos detengamos en describirlas.

Las figuras que siguen representan herramientas también muy vulgares y conocidas.

La primera es una *terraja de cojinetes,* aparato que tiene



Terraja de cojinetes.



Macho de roscas en proyección y en corte.

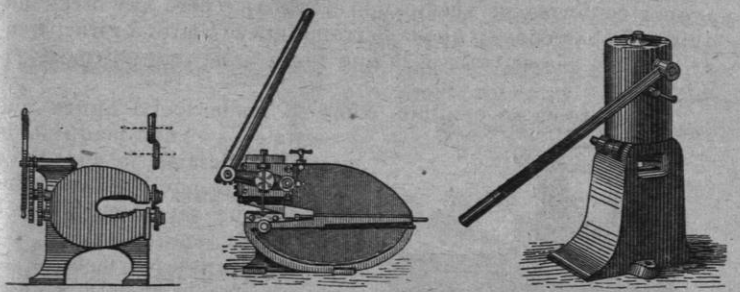
por objeto fabricar tornillos á mano; así como la que sigue, un *macho de rosca,* con su sección en mayor escala; aparato que se destina á fabricar *tuercas,* ó sea, hembras de tornillo, también á mano.

Fabricar tornillos, lo mismo machos que hembras, es senci-

llamente abrir surcos ó trazar filetes helicoidales, ó sea, de figura de hélice, en las superficies externas ó internas de cilindros, operación que puede hacerse por medio del torno como ya se dijo en la página 238. En los grandes talleres se verifica esa operación en el torno; pero sin intervención ninguna de la mano del operario, estando dotado aquel aparato de órganos mecánicos mediante los cuales el movimiento de rotación, ora de la pieza que haya de roscarse, ora de la herramienta que verifique el trabajo, se combina con uno simultáneo de traslación de la una ó de la otra á lo largo del banco de la máquina. Así se rayan las ánimas de las piezas de artillería.

Para cortar metales se emplean las *tijeras* ó *cizallas*, ora de mano, ora mecánicas, habiendo de unas y otras variedad infinita. Las dos figuras siguientes representan sendos modelos de ellas.

La que lleva el número 1 es una tijera mecánica *circular*, llamada así por la forma de sus cuchillas, que son dos discos circulares que giran en sentido contrario, y que están representados aparte en lo alto del grabado. Suelen ir varias de esas

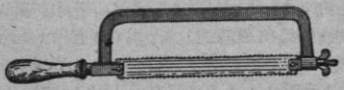


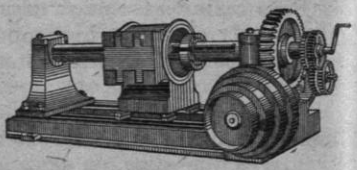
1 2 3

tijeras montadas en la misma máquina para cortar simultáneamente, y por sendas líneas paralelas, una plancha metálica convirtiéndola en tiras. La figura marcada con el número 3 representa unas *tijeras hidráulicas*, aparato que funciona por el mismo principio que la prensa hidráulica. En el grabado sólo está figurada una de las dos palancas que lleva, y cuyo objeto

es poner en movimiento los émbolos de las bombas que encierra dentro de sí el aparato.

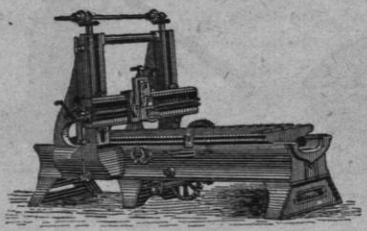
Aunque con poca frecuencia, y sólo en casos determinados y tratándose de piezas pequeñas, se asierran los metales. La figura adjunta representa la herramienta llamada *limandel ó serrucho de herrero*. No puede decirse lo mismo del barrenado y torneado, que son operaciones á que se somete muy comúnmente á grandes piezas metálicas, como cañones, cilindros de máquinas de vapor, ejes de las mismas y otras semejantes. La figura que sigue representa una máquina de barrenar trabajando; en la cual, la pieza que se ve en medio es un cilindro de una máquina de vapor. En la máquina aquí figurada, la pieza que ha de barrenarse no se mueve absolutamente, siendo la herramienta la que gira y avanza conforme va verificando el trabajo; pero hay otras máquinas de barrenar en que la herramienta se limita á girar, siendo la pieza que se trabaja la que verifica aquellos otros movimientos.





Máquina de barrenar horizontal.

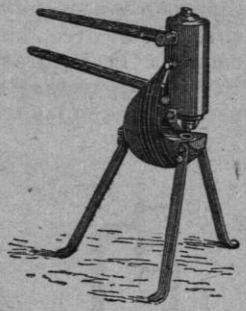
Los metales se cepillan como la madera. La figura que sigue es la de una máquina de cepillar metales, la cual lleva un tablero movible á corredera, en que se coloca la pieza que ha de cepillarse.



Tornéanse los metales, lo mismo que la madera, en tornos de pedal y en tornos mecánicos, consistiendo la principal diferencia entre la manera de funcionar de los primeros y de los últimos en las respectivas velocidades de que están animados, que es mucho menor en el torno de metal que en el de la madera. No damos aquí grabados que los representen por haberlo ya hecho al tratar del torneo de la madera, donde se figuran algunos, aunque sencillos, perfectamente aplicables á metales.

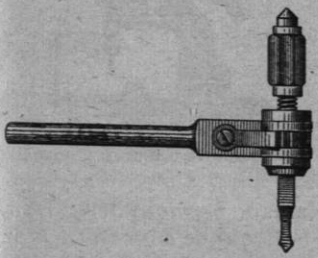
De tornos, como de barrenas, taladros y toda clase de máquinas hay, como se ha dicho, variedad grandísima. La figura que sigue representa un punzón muy sencillo capaz de perforar una placa de media pulgada de grueso. Es una combinación de tornillo y palanca. *(Esta no se representa en la figura.)* La otra es un punzón hidráulico, con el que un solo hombre puede perforar planchas de una pulgada de grueso. Funciona por el mismo principio de la prensa hidráulica.

Punzón de mano.



Punzón hidráulico.

La *chicharra* ó *carraca* es un admirable aparato representado en la siguiente figura, con el cual se pueden perforar planchas metálicas por gruesas que sean. Dando un movimiento devaivén circular á la palanca de la izquierda, toma la broca, que se arma en la parte de abajo (y que está representada en la figura), un giro constante en el mismo sentido, pues de los dos movimientos de ida y de venida de la palanca sólo el último se aprovecha, no sirviendo el primero sino para hacer que agarre la uña de que está provista la dicha palanca en la rueda dentada que lleva la parte giratoria del aparato en que la broca va montada; no estando de más decir que el extremo opuesto al en que va la broca, ó sea el de arriba, ha de apoyarse en algún cuerpo fijo que

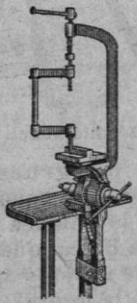


Chicharra.

mantenga fuertemente comprimida á la punta de la broca contra el cuerpo que se está taladrando.

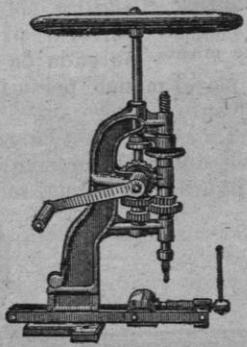
Otros aparatos de mano para practicar taladros de pequeño diámetro son el *taladro de Arquímedes* ó *salomónico,* y el de *carrete ó de arco,* cuya sencilla manera de funcionar está indicada por las figuras últimas de la página anterior.

Otros aparatos para practicar taladros á mano son los representados en las tres figuras adjuntas, de las cuales la primera de la izquierda representa el llamado *berbiquí de herrero,* la siguiente el *berbiquí de engranaje,* y la tercera una máquina de taladrar de engranaje simple con volante horizontal. La que sigue representa á esa misma máquina arreglada para fuerza mecánica. En todos esos aparatos, lo mismo que en los más sencillos anteriores, es una *broca* la herramienta que verifica el taladro. Las figuras adjuntas representan diversos modelos de brocas, numeradas de 1 á 6.

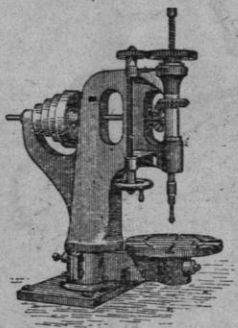


Berbiquí de herrero

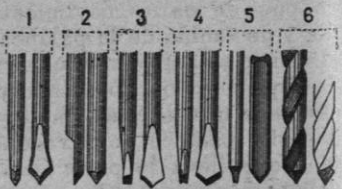
Berbiquí de engranaje.



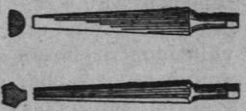
Máquina de taladrar de mano.



Máquina de taladrar.



La que lleva el número 1 es la llamada *broca de relojero,* y tiene los filos dispuestos para cortar en cualquier sentido en que gire, empleándosela comúnmente en movimiento alternado. La 2 corta también en los dos sentidos y sirve para practicar taladros rectos. Las marcadas con los números 3 y 4 sólo cortan en un sentido; la 5 es acanalada, y la 6 espiral.



Fresas ó mandriles de repasar.

La figura adjunta representa dos *mandriles de repasar ó fresas,* de entre los de muy diversas formas que se usan para repasar ó agrandar los taladros hechos por los aparatos anteriores.

CAPITULO XXXIII

Las fuerzas de la Naturaleza.—Motores industriales.—Las calderas de vapor y los molinos de viento.

Tuvo grandes ocasiones Don Juan, durante el trabajo de edificación de la casa y de la esfera, de hablar con sus alumnos sobre fuerzas y movimientos, como se ha visto en las páginas precedentes.

Varias veces versaron sus explicaciones acerca de la naturaleza de las fuerzas, asunto profundísimo que se relaciona tanto con la Filosofía y la Metafísica como con las ciencias que se llaman físicas y naturales.

—Por lo pronto, me acuerdo haberle oído decir un día, hablando sobre la imposibilidad de resolver el problema del *movimiento continuo* (esto me lo decía Joaquinito, lo mismo que lo contenido en los capítulos anteriores), que la imposibilidad de resolver ese problema es una de las manifestaciones más evidentes de nuestra pequeñez é insignificancia, porque en la Naturaleza no hay un solo caso de cuerpos en reposo. La idea de la quietud es una concepción abstracta, de que no encontramos ejemplo alguno.

Y como se le manifestase sorprendido alguno de nosotros de afirmación al parecer tan extraña, nos dijo:

UNED

—¿Acaso hay alguno de vosotros que me indique dónde hay algún cuerpo en estado de reposo? Porque yo no lo conozco. ¿Qué queréis que haya completamente quieto?; ¿esa montaña que tenemos ahí á la vista?: pues esa montaña forma parte del mundo, el cual da una vuelta completa sobre sí mismo en veinticuatro horas con rapidez vertiginosa; además, nuestro mundo recorre cada año una órbita inmensa alrededor del Sol, y el Sol, junto con él y con todos los numerosos planetas que forman nuestro sistema, se traslada con una velocidad increíble por los espacios siderales, ignorándose absolutamente la naturaleza de ese movimiento, aunque lo natural es suponerlo circular, ó elíptico mejor dicho, alrededor de algún centro lejano y desconocido. Pues de todos esos movimientos participa esa montaña, lo mismo que nosotros y que todo lo que en nuestra tierra existe.

»Nada de lo que vemos está en reposo; todo se mueve. Ya véis, pues, que no tenemos ejemplo de cosa alguna en reposo; la idea de la quietud tenemos que crearla por un esfuerzo de abstracción.

—¿Y quién impulsa á la Tierra en esos continuos movimientos alrededor de sí misma y en torno del Sol, que no se acaban nunca ni menguan en velocidad?—le preguntó alguno de nosotros.

—Que no se acaben nunca—contestó Don Juan—se explica perfectamente, porque cuando un cuerpo está en movimiento no puede detenerse sin una causa que lo fuerce á ello; es una ley mecánica. En cuanto que no mengüen en velocidad los movimientos de la Tierra, es un hecho inexacto; porque lo mismo ella que los demás planetas varían en velocidad, según las partes de sus órbitas que recorren; es también una ley mecánica, y de las famosas que descubrió Keplero, y que sirvieron de base á Newton para su descubrimiento de las leyes de la gravitación. Lo que ni yo ni nadie puede contestaros en nombre de la ciencia humana es cómo, cuándo y por qué tuvieron principio esos movimientos; porque si un cuerpo que se mueve no puede detenerse sin una causa que lo obligue á ello, tampoco un cuerpo en reposo puede moverse sin otra. La investigación de esa causa está y estará siempre muy por encima de las facultades intelectuales del hombre.

»Pero no es sólo la causa de esos movimientos lo que se igno-

ra, sino la naturaleza de todas las fuerzas que tenemos á la vista y de que constantemente nos valemos para la satisfacción de nuestras necesidades, incluyendo entre ellas la que tenemos en nosotros mismos, y que llamamos *fuerza vital;* porque aun dado que fuera cierta la hipótesis que hace de todas esas fuerzas manifestaciones de una sola y única, que se pretende sea la de la gravitación universal, lo que no pasa de ser una lucubración fantástica, fundada en la analogía de las leyes por que se rigen fenómenos físicos de distinto carácter, faltaría conocer la naturaleza de esa fuerza única.»

Descendiendo á terreno más práctico, nos decía que las fuerzas de que dispone el hombre para la industria son: la fuerza animal, la de la pesantez ó gravedad, la hidráulica, la del calor, las fuerzas llamadas químicas, la del viento y la eléctrica, muchas de las cuales están relacionadas estrechamente entre sí.

Así, por ejemplo, la fuerza *hidráulica,* que es la que se obtiene de una corriente ó salto de agua, es sencillamente la de la pesantez ó gravedad, la cual, á su vez, es resultado de la del calor, que elevó ese agua á los espacios aéreos en forma de vapor; la del *vapor* es también la del calor, que produjo la formación y crecimiento de los árboles cuya leña se quema en los hogares de las calderas, ó la de aquellos que existieron hace siglos y cuyos restos fosilizados forman el carbón de piedra; la eléctrica procede también: ó de la del calor que hace andar á las máquinas que mueven á las dinamos, ó de la química que desarrollan las pilas; la del viento es asimismo manifestación de la del calor, que al producir desigualdades en la densidad del aire en distintos lugares de la Tierra, ocasiona los movimientos de ese fluido, etc.

Un día nos demostró cómo se saca partido de las fuerzas moleculares, haciendo que levantásemos un grueso sillar que teníamos que colocar en la zapata de la casa, con sólo mojar la cuerda que lo mantenía suspendido de la cabria.

—Y las fuerzas químicas ¿cómo se utilizan?—le pregunté yo un día.

—Pues de mil maneras—me contestó—. Una de ellas en las pilas eléctricas, en las cuales la corriente se produce por reacciones químicas; otra en las máquinas que tienen por fuerza motriz la desarrollada por la combinación de ciertos gases con el oxígeno del aire; otra en las armas de fuego, cuya fuerza mo-

UNED

triz se produce por la reacción química de los componentes de la pólvora.

—También las máquinas de vapor—observó Gonzalito, que estaba escuchando la conversación que sosteníamos Joaquinito y yo sobre Don Juan—deben contarse entre las que trabajan por fuerzas químicas, porque el calor que se produce en el hogar de las calderas tiene por origen la combustión del carbón, y la combustión, según le he oído muchas veces á Don Juan, no es otra cosa que la combinación de la materia que se quema con el oxígeno del aire.

—Estás en lo cierto, Gonzalito—le contesté—, pero no se acostumbra apurar tanto la materia persiguiendo á las cosas hasta tan cerca de sus orígenes; y contando con que el calor es un agente físico, no se clasifica á las máquinas de vapor entre las movidas por fuerzas químicas, como tampoco se cuenta entre éstas á las *caloricas*, que son aquellas en que el movimiento del émbolo es producido por la dilatación del aire al calentarse. Verdaderamente las clasificaciones, en general, tanto en la materia de que estamos tratando como en todas, suelen adolecer de arbitrarias y poco exactas. Si se mira bien, no tenemos, prácticamente hablando, otras fuerzas motrices que la animal, la hidráulica, la del viento y la del vapor, porque la eléctrica necesita de otra que la produzca, sea la del vapor, sea la hidráulica.

—Y la del aire comprimido, ¿dónde la deja usted?

—A la del aire comprimido le pasa lo que á la eléctrica: que requiere otra que la produzca, resultando, por consiguiente, más económico emplear directamente esa última.

—Entonces, ¿por qué se hace hoy tanto uso de la eléctrica, y por qué se usa también algunas veces la del aire comprimido?

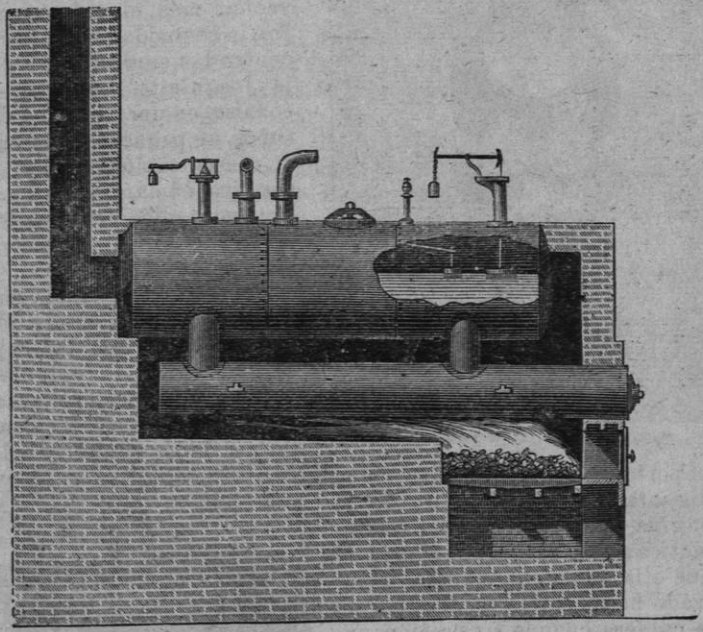
—Porque ambas tienen la propiedad de poderse transmitir á grandes distancias: la eléctrica, por medio de hilos ó cables metálicos; y la del aire comprimido, por medio de tubos, si bien perdiéndose tanto más de ellas cuanto mayor es la distancia á que se transmiten; pero ten bien en cuenta que en cualquier caso, antes de transmitirlas hace falta producirlas, lo cual se hace por la fuerza del vapor, por la del agua ó por cualquiera otra.

»Hoy está extendidísima la del vapor, que aunque no la más barata, no pudiendo competir desde el punto de vista económi-

UNED

co con la del viento ni con la hidráulica, tiene sobre ellas las ventajas de la seguridad y de la regularidad de su trabajo y de poderse establecer donde se quiera. ¿Sabes tú cómo son las calderas de vapor?—pregunté á Gonzalito.

—Sé—mé contestó—que las hay de varios sistemas: en uno

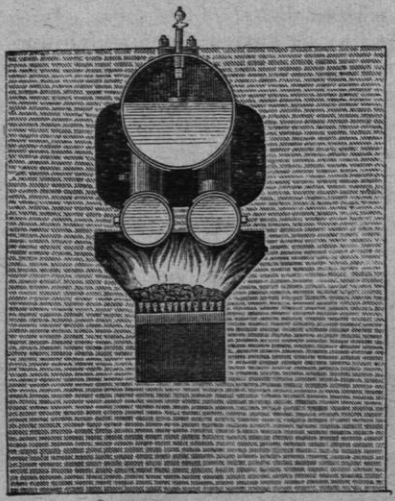


Caldera de vapor con tubos calentadores.

de ellos, que es el más antiguo, se reduce la caldera á un gran depósito cerrado, de forma cilíndrica ó parecida, que lleva debajo el hogar que comunica directamente con la chimenea; en otro, ese depósito se comunica con otros dos de menor diámetro, llamados calentadores, que están sobre la parrilla; en otro tercero, las llamas, después de calentar la parte baja de la caldera, vuelven por uno ó dos gruesos tubos que van por dentro y á todo lo largo de ella, y desde allí pasan á la chimenea; y en

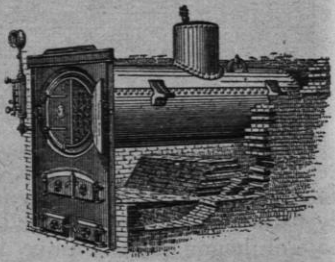
UNED

otro todavía mejor que ese último, esos tubos gruesos están sustituídos por muchos tubos de pequeño diámetro.



—El último modelo de calderas de vapor y el mejor de todos, tanto por aprovechar más el calor como por la seguridad que ofrece contra las explosiones—dijo Joaquinito—, es el que consiste en una multitud de tubos de pequeño diámetro en comunicación entre sí y con una cámara que va sobre todos ellos, en que se almacena el vapor que en ellos se produce.

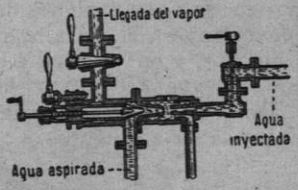
Tomaré yo ahora la palabra para decir á mis jóvenes lectores que las calderas de vapor, de cualquier sistema que sean, llevan varios órganos complementarios, de los cuales el más importante es la válvula de seguridad (la cual se ve bien distintamente en la figura de la página precedente), que da automáticamente salida por el orificio que ella misma ha mantenido cerrado hasta entonces, al vapor de la caldera cuando su presión excede de aquella de que no se quiere que pase. Un palanquita giratoria por uno de sus extremos alrededor de una charnela, lleva un pequeño peso que puede correr á su largo, y comprime á la válvula; aplicación ingeniosa de la palanca de segunda especie, ya descrita en una de las páginas anteriores.



Caldera de vapor multitubular.

Otro órgano, también muy importante, de una caldera de vapor, es el *inyector,* que, como su mismo nombre lo dice, tiene

por objeto alimentarla de agua. En el representado en la figura, verifica esa operación el vapor mismo de la caldera; pero es muy común que se encomiende el hacerla á una bomba impelente movida por la misma máquina.



Inyector de vapor.

—Te veo muy enterado de lo que son calderas y máquinas de vapor; sin duda lo estarás también de otros motores y artificios para verificar lo que en Mecánica se llama *trabajo;* ¿sabes tú qué animales se utilizan como motores?—pregunté á Gonzalito, interrumpiendo la explicación que había comenzado á hacernos de las máquinas de vapor, después de habernos hablado sobre las calderas.

—El caballo, el mulo, el buey, el asno..., y no recuerdo ninguno más en este momento—agregó después de breve pausa.

—Veo que te olvidas de muchos otros—le dijo Joaquinito—. Los animales que el hombre utiliza desde tiempo inmemorial

Campesina flamenca dirigiéndose al mercado.

Perros arrastrando un trineo.

como elementos de trabajo son muchos más de los que á primera vista pudiera pensarse. Cierto es que entre nosotros sólo el buey y el caballo, y sus afines el asno y la mula, son los animales de trabajo de que se dispone; pero sin salirnos de Europa, vemos también utilizar al perro como animal de tiro, no sólo en las tierras árticas, sino en Bélgica y las provincias septentrionales de Francia, donde, en cambio, es casi desconocido el asno. En la Laponia es también el reno, especie de ciervo muy corpulento, utilísimo por los servicios que presta como bestia de tiro. Y fuera de Europa tenemos que en Africa y

Asia se emplean mucho el camello y el elefante, y hasta en algunas comarcas de Africa el avestruz; en Filipinas, el carabao; en muchas regiones de Europa y en otras del Antiguo y Nuevo Mundo, el búfalo; en algunas de la América del Norte, el bisonte, y en el Perú y otras de la América meridional, el llama, el guanaco y otros animales de su misma especie.

De varios de esos animales citados por Joaquinito dan idea los grabados siguientes.

El camello.

El avestruz.

Renos arrastrando un trineo.

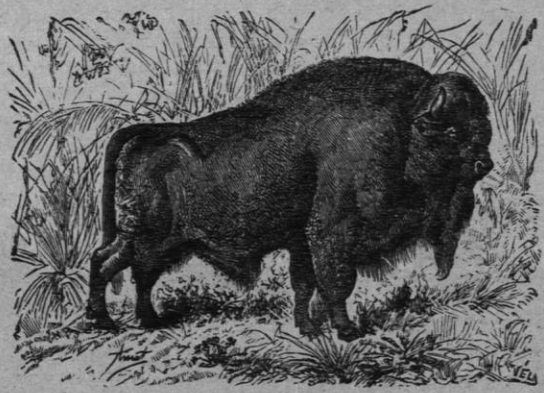
UNED

Una caravana.

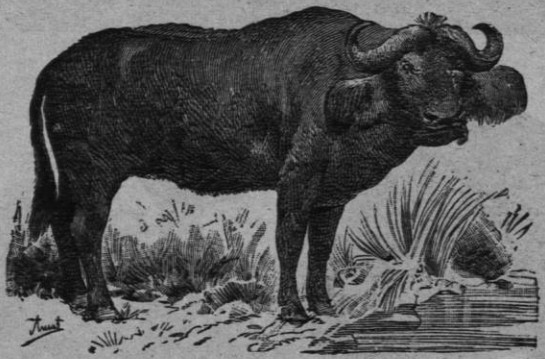
El elefante.

El llama.

UNED



El bisonte.



El búfalo.

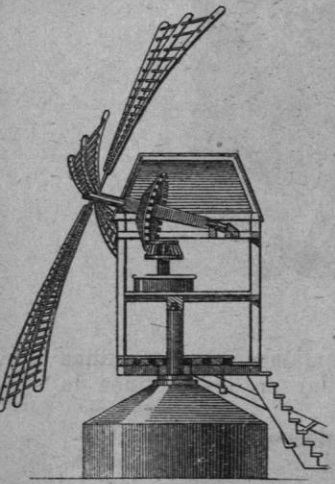
El ciervo.

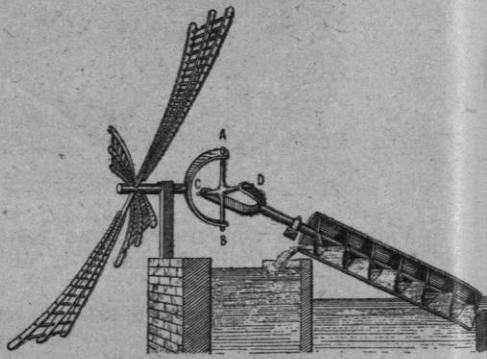
Versando la conversación que sosteníamos sobre máquinas y motores, fué rodando hasta ir á dar en los molinos de viento.

—Ese es el motor más barato de todos—dijo Joaquinito—, porque el aire está al alcance de todo el mundo, y no tiene nadie modo de cercarlo, acotarlo ni convertirlo en propiedad exclusiva; pero presenta el inconveniente de la inseguridad. Ninguna industria que exija trabajo constante, puntual y á horas fijas y determinadas puede atenerse á los caprichos del viento. Esa es la causa de que no esté mucho más extendido de lo que está y de que sólo se le emplee, por lo general, en ciertos trabajos, de los cuales los más comunes son el de moler granos, á lo que se debe el nombre de *molinos* que se da á todas esas máquinas aunque no sean tales molinos, y el de elevar agua. Sin embargo, en algunas regiones donde reinan vientos constantes y regulares suele aplicársele á otra clase de trabajos. En las islas Barbadas se le emplea muy frecuentemente en el de moler la caña de azúcar.

En los grabados siguientes pueden ver nuestros lectores algunas maneras de las varias que hay de comunicar el movimiento rotativo de las aspas á las máquinas. El primero de ellos representa un molino de grano, en que se ve claramente cómo el movimiento de rotación de las aspas alrededor de su eje, cualquiera que sea el sentido en que se verifique, se trans-

mite á las ruedas del molino, transformándose en otro movimiento de rotación alrededor de un eje vertical.





El segundo representa una máquina elevadora de agua—la llamada *tornillo de Arquímedes*—, cuyo movimiento giratorio alrededor de su eje, que está muy inclinado, recibe del de las aspas del molino por medio del ingenioso artificio que en la misma figura puede verse. Es un sistema de elevar agua empleado en Holanda, donde son muy comunes los molinos de viento con tal objeto.

Molino de viento americano.

La construcción de esos aparatos se ha perfeccionado en gran manera de algunos años á esta parte. En América se usan mucho molinos de viento como el representado en el grabado siguiente, en que sustituyen á las aspas grandes ruedas formadas por multitud de planchuelas de madera ó de chapa de hierro en cuya superficie bate el aire, y que llevan además un rabo á modo de veleta para orientarse y colocarse por sí mismas en la posición más favo-

rable. El representado en la figura anterior mueve el émbolo de la bomba que lleva al pie, y que también se distingue en la figura, mediante una larga varilla de hierro que corre por unas guías.

CAPÍTULO XXXIV

La Tierra, el Sol y los planetas.

Un día que estábamos Don Juan, Don Joaquín, su hijo Joaquinito y yo examinando el globo terráqueo cuya fabricación tantos trabajos había ocasionado, me permití hacerle algunas observaciones á Don Juan sobre la desproporción entre los esfuerzos realizados y los resultados obtenidos.

—Ya que emprendió usted obra tan larga y laboriosa—le dije—, no entiendo cómo no dispuso usted que de una vez se hiciera acercándose algo más á la realidad, para que hubiera servido para el estudio de la Cosmografía. Hubiera usted debido hacer que la casa, en vez de cuadrada, fuera redonda, ó en figura de elipse mejor dicho, para que tuviera la figura de la *Eclíptica* ú órbita de la Tierra, y que en lugar de ocupar ésta el centro de ella, lo ocupase el Sol, como en realidad sucede. Con poco más trabajo habría usted podido hacer que la Tierra, colocada en la orilla de la casa por la parte de adentro, tuviera el movimiento de rotación que real y positivamente tiene, y el de traslación anual á lo largo de la Eclíptica...

—Todo eso lo pensé al principio—me contestó Don Juan—; pero me hizo desistir de ese propósito la consideración de lo imposible que era poder llevar la semejanza entre los hechos ficticios y los reales sino hasta un punto muy limitado, que más hubiera ocasionado confusión en las ideas de mis alumnos acerca de esos mismos hechos, que les hubiera dado verdadero y sólido conocimiento de ellos.

»Hube de contentarme, pues, con un globo que sirviese

UNED

para la enseñanza de la *Geografía*, ya que no era nada fácil aplicarlo al de la *Cosmografía*. Con todo, mis alumnos no dejaron de adquirir nociones bastante extensas de esta última ciencia; ¿verdad, Joaquinito?

—Yo, á lo menos—contestó este último—, no perdí una sola de las muchas lecciones que nos dió usted de ella, y sería capaz ahora mismo de repetir muchas de las cosas que usted nos dijo.

—¿Te atreverías—exclamó Don Juan—á explicarnos ahora mismo la razón de las estaciones, las diferencias de duración entre los días y las noches en los diversos períodos del año, y otros hechos relativos á Cosmografía?

—En líneas generales sí—contestó Joaquinito.

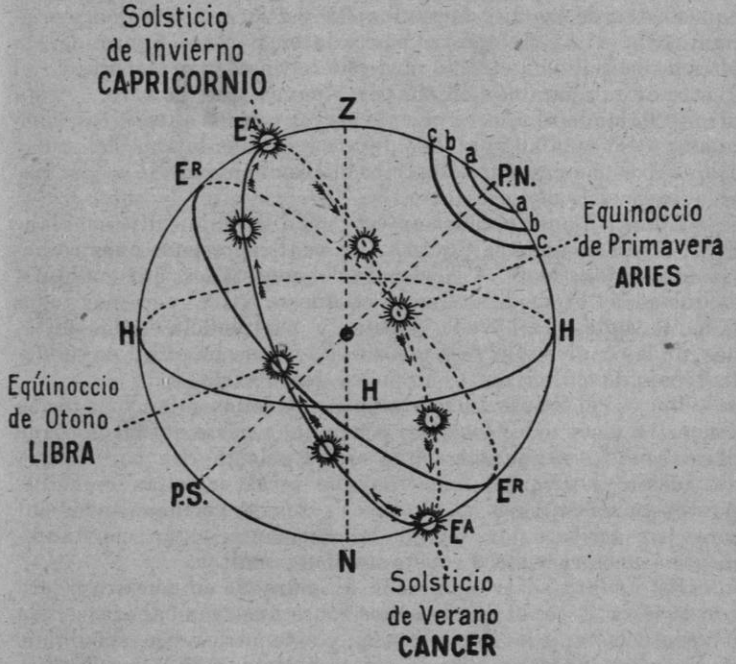
»Ante todo—prosiguió diciendo—, en Cosmografía no se tienen en cuenta los movimientos reales, sino los aparentes, que es lo mismo para el caso, pues nada nos importa que sea la Tierra la que se mueva en torno al Sol, si lo que nos parece es que es el Sol el que gira alrededor de la Tierra. Para el estudio de la Cosmografía habría habido, por consiguiente, de todos modos, que colocar á la Tierra en el centro, y no en la orilla de la casa; porque es lo que se supone que sucede, aunque en realidad no sucedá.

»Supondremos, pues, que la Tierra está fija en el centro del Universo, y que todos los cuerpos celestes se mueven en torno de ella; pero voy á permitirme, señor Don Juan, para seguir mi explicación, valerme de una figura, porque de otro modo sería ininteligible cuanto dijera.»

Trazó entonces Joaquinito con firme pulso en un papel un gran círculo, semejante al que se ve en la página siguiente, y en él otros círculos en perspectiva y otros varios detalles á que fué refiriéndose en las siguientes palabras:

—Este gran círculo que acabo de trazar no figura á nuestra Tierra, sino á la esfera celeste que por todas partes la rodea, y que se nos presenta tachonada de multitud de astros y puntos luminosos. En la apariencia, esa esfera voltea diariamente alrededor nuestro de Oriente á Occidente en veinticuatro horas próximamente, arrastrando consigo á todos los puntos luminosos de que está sembrada, y que nos parecen clavados en ella en su mayor parte; y no digo todos, porque hay unos cuantos de ellos, aunque muy pocos en comparación de los otros, que además de ese movimiento general de la esfera

celeste, del cual participan, tienen otros movimientos propios suyos sobre la superficie de esa esfera. Esos cuerpos celestes de que hablo son: el Sol, la Luna, los planetas vulgarmente llamados luceros y los cometas, que son unas estrellas con rabo que se presentan de vez en cuando y desaparecen después; los demás son todos estrellas que están como clavadas y fijas en la



esfera celeste, y no tienen otro movimiento que el diurno de rotación á que los arrastra esa misma esfera en que están invariablemente sujetas.

»El movimiento se verifica alrededor de un eje que remata en la misma esfera celeste en los puntos estos que véis aquí—dijo señalando á los que en nuestra figura llevan las tetras *PN* y *PS*—, que son el Polo Norte y el Polo Sur, los cuales ni que

decir hay que se están siempre quietos y que no siguen á la esfera en su rotación diurna.

»A consecuencia de esa rotación diurna—prosiguió diciendo Joaquinito—, el Sol, la Luna, los planetas y todas las estrellas dan una vuelta completa alrededor de la línea que pasa por los polos *PN* y *PS* en veinticuatro horas, y el círculo que describen en ese tiempo es tanto más pequeño cuanto más cercanos estén de los dichos puntos *PN* y *PS*. Así, por ejemplo, el punto este (dijo señalando al marcado en nuestra figura con la letra *a)* describe un círculo muy chico, y este otro (señalando al *b)* otro círculo también chico, pero mayor que el otro, y este otro (señalando al *c)* otro círculo mayor que los anteriores, hasta este (dijo señalando al *ER),* que es el más lejano del eje y el que, por consiguiente, describe el círculo mayor de todos. Ese círculo es el Ecuador celeste.

»Ahora, fíjense ustedes en este gran círculo—dijo señalando al *HHH* de nuestra figura—, el cual representa nuestro horizonte, quiero decir, el horizonte del espectador, que cualquiera que sea el lugar de la Tierra en que se halle, verá por todos lados tocándose la bóveda celeste, y partiéndola en dos mitades, de las cuales sólo verá una de ellas, pues la otra, cayéndole debajo de su horizonte, no podrá descubrirla.

»Por eso el Sol, la Luna y muchas estrellas salen y se ponen á nuestra vista todos los días, porque una parte del círculo que describen al girar juntas con la esfera celeste, cae por debajo de nuestro horizonte, mientras que otras estrellas (como los puntos ya señalados *a, b, c),* cuyos giros se verifican todos enteros por arriba ó por debajo del horizonte, están constantemente á nuestra vista ó constantemente ocultas.

»Este punto—dijo señalando al marcado en nuestra figura con la letra *Z*—es el que tenemos sobre nuestras cabezas en la bóveda céleste, y se llama *Zenit;* y este otro—dijo señalando al *N*—es el opuesto á él en la esfera celeste, y se llama *Nadir,* que, naturalmente, varían para cada espectador según sea el lugar de la Tierra que ocupe y el momento en que haga las observaciones, porque esos puntos, como los demás de la esfera celeste, la acompañan en su giro.

—Explícanos—dijo Don Juan—las estaciones, el movimiento del Sol y los signos del Zodíaco.

—Se observa—prosiguió diciendo Joaquinito—que este

círculo grande (el *ER ER*), que dije que se llama *Ecuador*, no coincide con el que, aparte de su movimiento diurno, describe el Sol en la esfera celeste durante el año, el cual recibe el nombre de *Eclíptica* (el *EA EA* de nuestra figura), sino que forma con él un ángulo de póco más de 23 grados.

—Aclara más eso de la Eclíptica—le dijo Don Juan.

—*Eclíptica* se llama—dijo Joaquinito—á una línea recorrida por el Sol sobre la esfera celeste durante el año. Porque se observa que el Sol, además del movimiento de rotación diurno en que acompaña á la esfera celeste, tiene uno propio en cuya virtud cada día ocupa en ella distinto lugar que el anterior, si bien de un día á otro apenas se advierte la diferencia. Ese camino recorrido por el Sol está indicado por doce constelaciones ó grupos de estrellas, llamadas *signos del Zodíaco*. Cada mes se encuentra el Sol cerca de una de esas constelaciones. Los nombres de ellas son en castellano: el *Carnero*, el *Toro*, los *Gemelos*, el *Cangrejo*, el *León*, la *Virgen*, la *Balanza*, el *Escorpión*, el *Arquero*, la *Cabra*, el *Cántaro* y los *Peces;* y en latín, que es como generalmente se las llama: *Aries, Tauro, Geminis, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagitario, Capricornio, Acuario* y *Piscis*.

»Si el plano de la Eclíptica, ó sea, el del círculo recorrido por el Sol en la esfera celeste, y en el que esas constelaciones se encuentran, coincidiese con el del Ecuador, lo que equivale á decir que si el eje de la Tierra cayese á escuadra ó perpendicularmente sobre el plano formado por su órbita, todos los días del año serían iguales á las noches, cosa que sólo sucede cuando pasa el Sol por los dos lugares de la esfera celeste en que se cruzan el Ecuador y la Eclíptica, llamados por tal razón *equinoccios*. Esos dos lugares coinciden con el signo de *Aries* el uno y con el de *Libra* el otro, y pasa el Sol por ellos en primavera y en otoño, respectivamente. Los puntos de la Eclíptica más lejanos del Ecuador son el ocupado por la constelación de *Cancer*, por la cual pasa el Sol en estío, y por la de *Capricornio*, por la que pasa en invierno. Esos puntos se llaman *solsticios*, y corresponden con ellos los días del año en que mayor diferencia hay entre los días y las noches. Tampoco si el plano del Ecuador y el de la Eclíptica fuesen uno mismo, tendríamos diferencias de estaciones, sino que todo el año habría una misma estación en cada lugar de la Tierra; porque las diferen-

cias de temperatura entre unos y otros períodos del año son efecto del más ó menos tiempo que está el Sol sobre el horizonte y de la mayor ó menor oblicuidad de los rayos solares; siendo digno de notarse que cuando más cerca está la Tierra del Sol es invierno en su hemisferio boreal ó norte, y cuando más lejos verano.

—¿Y en el hemisferio austral?—pregunté.

—Allí sucede al contrario: es estío cuando en el otro invierno, y viceversa. *(Véase la nota al fin del capítulo.)*

Gonzalito, que estaba allí presente, sin perder una palabra de lo que Joaquinito estaba diciendo, pareció dos ó tres veces querer decir algo, pero sin conseguirlo, porque el orador no hacía pausas que dieran ocasión á interrumpirle. Mi pregunta le deparó la coyuntura que esperaba.

—No entiendo una cosa—dijo antes de que Joaquinito reanudara el hilo de su cortado relato.

—¿Qué es lo que no entiendes?—le preguntó Don Juan.

—Cómo se sabe que el Sol se halla en tal constelación ó en tal signo; las constelaciones, ¿no son grupos de estrellas?

—¿Pues de qué quieres que sean: de huelguistas?—exclamó Joaquinito riéndose.

—No seas impaciente, y déjame hablar, que el enseñar al que no sabe es una obra de misericordia. Si para saber dónde está el Sol es preciso verlo, y cuando vemos el Sol no pueden verse al mismo tiempo las estrellas, ¿cómo se sabe que está en la constelación de Aries ó en cualquiera otra?

—Porque muy poco después de ponerse ya empiezan á verse las estrellas, y hasta muy poco antes de salir se están todavío viendo. Vamos á suponer un sujeto que madrugue todos los días para observar la salida del Sol, y vamos á suponer también que da principio á sus observaciones el día 21 de Marzo, día correspondiente al equinoccio de primavera. Si mira hacia Oriente antes de amanecer, verá á poca altura sobre el horizonte las estrellas que forman la constelación de *Piscis,* y poco después, al tiempo de salir el Sol, vería salir, juntas con él, á las que componen la de *Aries,* si la claridad se lo permitiese.

»Al día siguiente ya no sería idéntica que el anterior la posición del Sol respecto de las estrellas, pero tan poco diferente, que el observador nada advertiría á primera vista; pero pa-

UNED

sados unos cuantos, las diferencias correspondientes á cada uno de ellos se habrían ido acumulando lo bastante para hacérsele patentes. *Aries* estaría ya sobre el horizonte desde antes de la salida del Sol, y otro tanto se habría elevado *Piscis* sobre el lugar que ocupaba el día de la observación primera. Hacia el 21 del mes siguiente, vería el mismo observador á la constelación de *Tauro* comportarse exactamente como en el anterior la de *Aries,* y á ésta como la de *Piscis,* que estaría ya entonces bastante alta sobre la línea del horizonte. Lo mismo que con *Aries* en Marzo y que con *Tauro* en Abril, vería nuestro aprendiz de astrónomo que pasaba en Mayo con *Geminis,* en Junio con *Cancer,* en Julio con *Leo,* etc., hasta que el 21 de Marzo del año siguiente volvería á ver al Sol salir y ponerse junto con *Aries.*

»Hay además otra cosa—siguió diciendo Joaquinito—: *Aries* y *Tauro* y *Geminis* y todas las demás constelaciones que forman el Zodíaco salen y se ponen todos los días exactamente por los mismos puntos del horizonte, como lo hacen todas las estrellas fijas, mientras que el Sol sale y se pone cada día por puntos distintos de él. Si el 21 de Abril ponemos atención en el punto del horizonte por donde sale *Aries,* advertiremos que el Sol no sale por ese mismo punto, como lo hizo el 21 del mes anterior, sino algo más hacia la izquierda, ó sea hacia el Norte; y el 21 de Mayo otro poco más distante en la misma dirección, y todavía otro tanto más el 21 de Junio.

—¿Y hasta cuándo dura eso?—preguntó Gonzalito.

—Precisamente hasta ese día 21 de Junio, que es el del solsticio de verano, pues desde ese día en adelante desanda el Sol el camino que había recorrido y va saliendo cada vez más cerca del punto del horizonte por donde sale *Aries,* hasta que el 21 de Setiembre sale precisamente por ese punto; pero ya no junto con *Aries,* que se halla á esa hora poniéndose por Occidente, sino con *Libra,* que es la constelación correspondiente al equinoccio de otoño.

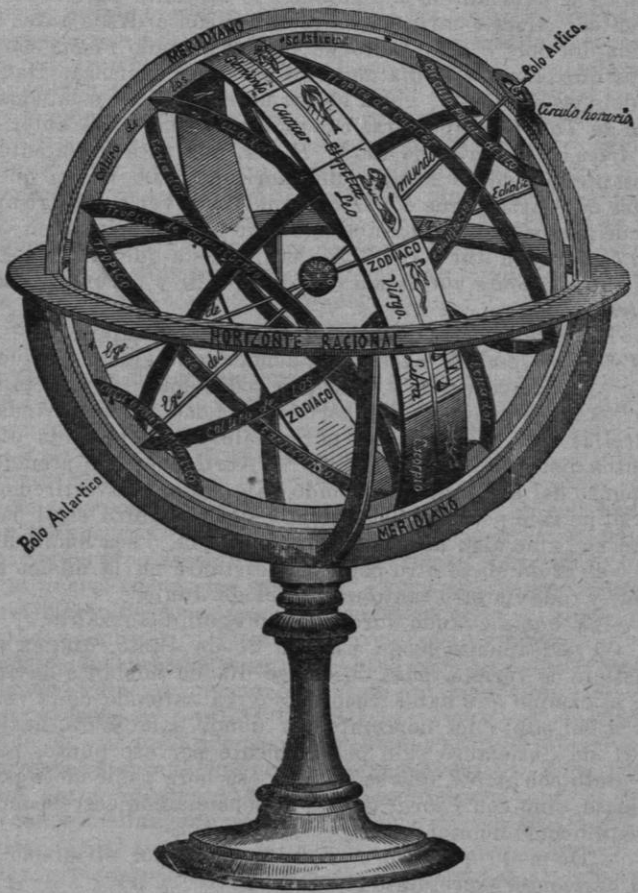
—¿De modo que *Libra* y *Aries* salen por el mismo punto del horizonte?—preguntó Gonzalito.

—Exactamente por el mismo—contestó Joaquinito—, pero con doce horas de diferencia.

—¿Y qué hace el Sol después del 21 de Setiembre?—volvió á preguntar Gonzalito.

UNED

—Pues repetir lo de antes, pero en sentido contrario, y sa-



Esfera armilar.

lir cada día más á la derecha, ó sea hacia el Mediodía, hasta alejarse tanto por ese camino como se alejó antes por el opuesto.

El día en que llega á su mayor alejamiento es el 21 de Diciembre, día del solsticio de invierno, en que sale al mismo tiempo que la constelación de *Capricornio* y junto con ella. Ya de ahí en adelante va retrocediendo y saliendo cada día por puntos del horizonte más cercanos del tantas veces repetido por donde salen *Aries* y *Libra,* hasta que el 21 de Marzo llega á él y verifica su salida acompañado de *Aries,* como en el año anterior; ¿me has entendido bien?

—Creo que sí, y todavía he de entenderte mejor cuando observe por mí mismo todo lo que me has dicho.

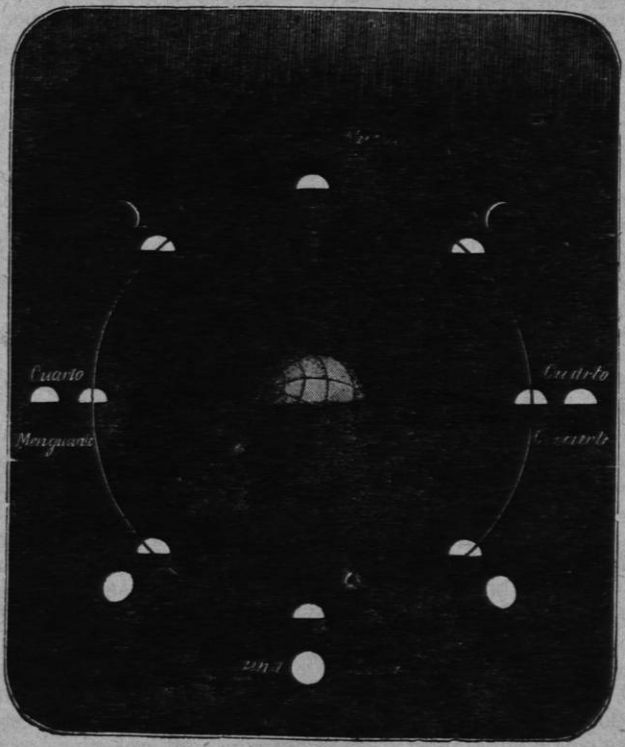
—Puedes prepararte antes estudiando todos esos movimientos en la *esfera armilar,* aparato inventado hace la friolera de dos mil y un buen pico de años con ese mismo objeto, y en el cual el horizonte, el Ecuador, la Eclíptica, el eje del mundo y otros varios círculos y líneas concernientes á Cosmografía, hechas de bronce y movibles para que puedan ser colocadas en la disposición que se quiera, facilitan mucho la inteligencia de estas cuestiones.

—Y de las fases de la Luna, ¿qué nos dices?—preguntó Don Juan.

—Necesito trazar otra figura para explicarlas—contestó Joaquinito. E inmediatamente dibujó en un papel en blanco una semejante á la representada en negro en la página siguiente, señalando en ella con líneas la dirección de los rayos solares, con un círculo central la Tierra, y con otros círculos más pequeños la Luna en las diversas posiciones de su órbita mensual.

—Cuando la Luna está en este punto—dijo señalando al que aparece más alto en nuestra figura—, el Sol alumbra la mitad de ella opuesta á nosotros, y que, por consiguiente, no vemos, y deja en la sombra la otra mitad de ella que mira hacia donde estamos, y que por tal razón no vemos tampoco; entonces es *luna nueva.* Tres días y medio después se encuentra la Luna en este otro punto—dijo señalando al de la derecha del anterior—y vemos desde la Tierra una parte de su hemisferio iluminada por el Sol. En este otro—prosiguió indicando la posición siguiente—llega á su primer cuarto y puede descubrirse desde la Tierra la mitad de su hemisferio iluminado; en este de más acá—y corrió el dedo al mismo tiempo que hablaba—se descubren los tres cuartos del mismo hemisferio, y en este de aquí abajo todo él, hallándose la Luna en la situación que se llama *llena.* Desde ahí,

continuando en su movimiento, vuelve á su punto de partida pasando por estos otros puntos intermedios—dijo señalándolos con

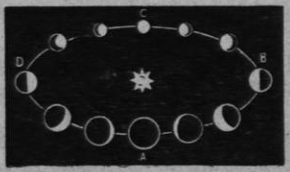


el dedo—, y va menguando en la misma proporción que fué antes creciendo la parte visible para nosotros de su hemisferio iluminado.

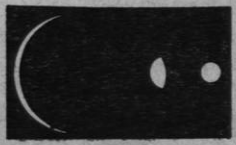
»No sólo la Luna se nos presenta bajo esos diversos aspectos—prosiguió diciendo Joaquinito—; también los planetas Venus y Mercurio tienen fases idénticas á las de la Luna, pero

UNED

que no son tan evidentes para nosotros á causa del menor ta-



Diversas posiciones de Mercurio en su órbita (mostrando las fases). (Vista telescópica.)

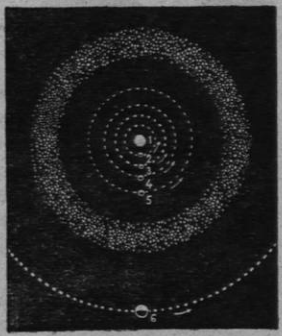


Diferentes aspectos del planeta Venus. (Vista telescópica.)

maño aparente de esos planetas. Las fases de Mercurio particularmente, sólo con el telescopio pueden descubrirse.

—¡Cómo!—exclamé yo—. ¿Tan lejos de nosotros está Mercurio?

—No es que esté lejos—me contestó Joaquinito—, sino que es el más pequeño de los planetas del sistema solar, exceptuando los asteroides, y está además tan próximo al Sol y describe una órbita tan poco extensa, que se nos hace muy difícil verlo. Se le conoce, sin embargo, desde los tiempos prehistóricos; debiendo convenirse en que el desconocido astrónomo que sin elementos de investigación de ninguna clase lo descubrió y lo clasificó entre los planetas, debió de ser un hombre de mérito extraordinario.



Orbitas de los planetas menores y de los asteroides.—Los círculos interiores de la presente figura representan en orden de sucesión de dentro á fuera las órbitas de Mercurio, Venus, la Tierra y Marte; la faja punteada que sigue marca la región ocupada por las órbitas de los asteroides; y el círculo exterior, del cual sólo se ve una parte, la órbita de Júpiter.

—¿Es, pues, Mercurio el planeta más pequeño del sistema solar?—pregunté.

—No—me contestó Joaquinito—; todavía son más pequeños los asteroides, multitud de planetas minúsculos que se mueven todos en una faja ó zona comprendida entre la órbita de Marte y la de Júpiter.

—¿Están más lejos, pues, del Sol que la Tierra?

—Bastante más lejos; pues todavía lo están más que Marte, que también dista más del Sol que la Tierra.

—¿De modo que Marte no podrá nunca interponerse entre el Sol y nosotros?

—No, señor; los únicos cuerpos celestes que pueden hallarse entre el Sol, y nosotros, y que podemos alguna vez ver proyectados sobre la superficie del Sol, son Venus, Mercurio y la Luna.

Paso de Venus por el Sol en 1874 (a) y en 1882 (b).

Cuando es la Luna la que se interpone hay eclipse total ó parcial de Sol, según lo tape enteramente ó tape de él sólo una parte; cuando es Venus la que pasa entre el Sol y la Tierra, se nos presenta como un punto negro sobre la superficie del Sol. Dos veces ha sucedido el caso en nuestro tiempo: una vez en el año 1874 y otra en el de 1882, y no volverá á repetirse hasta 2004 y después en 2012.

»La primera vez que se observó el fenómeno fué en 1631, y después, sucesivamente, en 1639, 1761, 1769, 1874 y 1882. Ocurre con intervalos desiguales y alternados de ocho años y de ciento y pico. Esos pasos de Venus entre la Tierra y el Sol ofrecen oportunidad para el estudio de varios puntos cosmográficos y astronómicos interesantes, lo que no sucede con los de Mercurio, porque la pequeñez de sus dimensiones y su proximidad al Sol impiden observarlo bien.

—¿Tan pequeño es Mercurio?

—Según los cálculos que han podido hacerse, pesa veinticuatro veces menos que la Tierra; dista del Sol, por término medio, unos 10 millones de leguas, ó sean 55 millones de kilómetros—y digo por término medio porque su órbita es muy elíptica—, y tarda en recorrer esa órbita ochenta y ocho días, que son los que dura su año.

—¿Y distando 55 millones de kilómetros del Sol dices que está cerca de él?

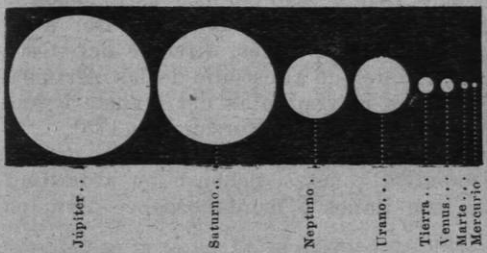
—Todo es relativo. Esa distancia que tan enorme nos parece es bien pequeña comparada con la que separa al Sol de Neptuno, que es de 926 millones de leguas, ó lo que es lo mismo, de unos 51.000 millones de kilómetros. Neptuno es de todos los planetas de nuestro sistema solar el más apartado del Sol.

—Y será quizás el mayor de ellos—dijo Gonzalito.

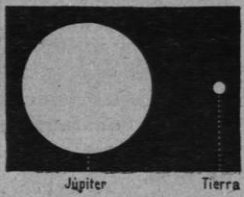
UNED

—No; el mayor es Júpiter, cuyo volumen es enorme. Después de él va Saturno, y tras de éste, sucesivamente, en orden de tamaño, siguen Neptuno, Urano, la Tierra, Venus, Marte y Mercurio.

»Venus y la Tierra son muy semejantes en tamaño, y lo mismo Urano y Neptuno; pero los pesos en ellos no están en pro-



Volúmenes comparados de los planetas del sistema solar.



Volúmenes comparados de Júpiter y la Tierra.

porción de sus volúmenes, pues Júpiter, que es mil doscientas veces más voluminoso que la Tierra, pesa sólo trescientas veces más; y Saturno, que es ochocientas veces mayor en volumen que ella, unas ciento, lo cual quiere decir que la materia de que se componen esos dos planetas es menos densa que la de que está formado nuestro globo. Se ha notado que la densidad de los planetas está en razón contraria de sus volúmenes. Mercurio, que es el más pequeño de ellos, es, relativamente á su volumen, el más pesado.

Tierra Saturno.

Volúmenes comparados de Saturno y la Tierra.

Volúmenes comparados de Marte y la Tierra.

—Lo que parece mentira—dijo Gonzalito—es que puedan pesarse los astros.

—A los que ignoran las leyes y principios de la Mecánica celeste les parece increíble que tal operación de pesar los astros pueda practicarse. De todas maneras exige cálculos dificilísimos basados en los volúmenes y velocidades de los planetas

y de sus satélites, que son los únicos cuerpos celestes cuyos volúmenes y pesos puede averiguarse, pues para pesar las estrellas se carece de datos absolutamente seguros.

—Gracias á esos cálculos de que hablas—dijo Don Juan—se descubrió la existencia del planeta Neptuno antes de que se le viera con el telescopio; descubrimiento que fué hecho á un mismo tiempo en los años 1845 y 1846 por dos astrónomos en completa independencia uno de otro: Adams, profesor de la Universidad de Cambridge, y Le Verrier, director del Observatorio de París, y que fué debido al estudio de las perturbaciones que observaron en los movimientas del planeta Urano, descubierto á su vez por el astrónomo Herschel en 1781.

—Y no sólo se sabe lo que pesan los planetas, sino muchas otras circunstancias de ellos, como si tienen ó no atmósfera, agua y otras cosas, si son llanos ó montañosos...—dijo Joaquinito.

—Poco á poco—le respondió Don Juan—. En ese punto se está menos adelantado de lo que vulgarmente se presume. De Venus se conocen los movimientos, el volumen y el peso, pero nada más, porque las nubes que constantemente cubren su superficie impide que se vea nada de ella. No contando la Luna, que por lo cerca que está de nosotros y por carecer de atmósfera puede ser examinada muy bien con el telescopio, sólo de Marte puede decirse que se tengan algunas noticias, y aun ésas muy incompletas. Se sabe que sus polos se cubren de nieve en ciertos períodos de su año, que es próximamente de doble duración que el nuestro; se sabe también que tiene montañas y mares, pero no se ha podido averiguar lo que son ciertas rayas misteriosas que cruzan su superficie y que algunos llaman canales, las cuales cambian y se modifican periódicamente. Hasta

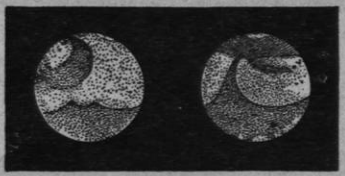
La Luna vista por el telescopio.

UNED

hay quien supone que son trabajos artificiales de los habitantes del planeta.

—¿Pero es verdad que puede haber habitantes en los cuerpos celestes?—preguntó Gonzalito.

—Lo que me parecería mentira es que no los hubiera, cuando veo que pululan tanto los seres vivientes en nuestra tierra, que no hay lugar, por escondido que sea, donde no los haya en número infinito y tan apiñados que, no encontrando espacio en que vivir, viven unos á costa de otros, como los parásitos y los microbios.



Marte visto por el telescopio.

—¿Pero no se opone la supuesta existencia de seres vivientes en los planetas á la verdad revelada?—pregunté yo.

—No sé por qué ha de oponerse—me contestó Don Juan—. La Sagrada Escritura en ninguna parte lo niega, ni dice una palabra sobre el asunto; ni tiene tampoco á qué decirla, porque la Sagrada Escritura no es un tratado de Astronomía, ni de Geología, ni de Historia Natural. Está inspirada por Dios; pero se dirige á hombres en lenguaje llano y sencillo y al alcance de todos, no para enseñarles ciencias físicas, sino para referirles la historia y vicisitudes del pueblo de Israel y para darles preceptos morales y religiosos. Pero volviendo al asunto de que hablábamos, repito que se sabe poquísimo acerca de los planetas, fuera de aquellas circunstancias de ellos que se relacionan con la Mecánica celeste. Júpiter, visto por el telescopio, no ofrece nada de particular, como no sean ciertas fajas que aparecen y desaparecen, y que en absoluto se ignora lo que son.

Júpiter visto por el telescopio.

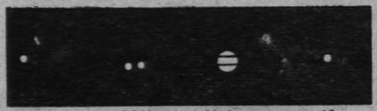
—Se sospecha que son nubes que cubren su superficie—dijo Joaquinito.

—Sí—contestó Don Juan—; pero no es más que una opinión sin pizca de fundamento.

—Y los satélites de Júpiter, ¿qué ofrecen de particular para que sean tan nombrados?—pregunté.

—Son tan nombrados—contestó Don Juan—por haber sido

uno de los primeros descubrimientos verificados con el telescopio cuando Galileo lo usó por primera vez para explorar los cielos, por más que se dice que las personas de buena vista distinguen á esos satélites sin necesidad de anteojo. Son también famosos esos satélites porque de la observación de sus ocultaciones detrás del cuerpo del planeta se ha deducido la velocidad de la luz, que ya se sabe que es de 70.000 leguas por segundo. Uno de los planetas más curiosos



Júpiter y sus satélites vistos por el telescopio.

Diversos aspectos que presentan los anillos de Saturno vistos por el telescopio.

que hay es Saturno, no por sus satélites, con ser nada menos que ocho los que tiene, sino por sus anillos, que son una especie de aros planos que lo rodean girando en torno suyo, y que ningún otro planeta de nuestro sistema posee.

—Y esos anillos, ¿serán cuerpos sólidos ó compuestos de algo parecido á las colas de los cometas? — preguntó Gonzalito.

—Son cuerpos sóli-

Nebulosa de Orión.

dos—contestó Joaquinito—, porque proyectan sombra sobre la superficie del planeta.

—Veo, querido Joaquinito—dijo Don Juan—, que no has olvidado aquellas conversaciones que solíamos tener en las noches estrelladas de los sábados y vísperas de días festivos; ¿no te acuerdas?

—¡Cómo he de olvidarme de cosa tan agradable para mí! ¿Se acuerda usted de la disertación que nos hizo una noche sobre la *nebulosa de Orión*, acerca de la cual nos dijo que se habían escrito muchos volúmenes?

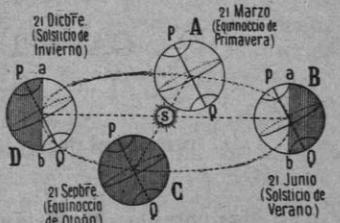
—Sí me acuerdo—contestó Don Juan—. ¿Lograste verla al fin como pretendías?

—Sí, señor; no sólo la he visto, sino que llevo en la cartera una fotografía de ella vista por el telescopio: mírenla ustedes—agregó, entregándonos una tarjeta de que es reproducción exacta en el último grabado de la página anterior. *(Véase la nota II.)*

Nota I.

La adjunta figura demuestra de un modo evidente el motivo de las diferencias de duración de los días y las noches en los diversos períodos del año.

S representa el Sol; *A, B, C, D,* las posiciones de la Tierra en los días que en el mismo grabado se indican; la línea punteada, la órbita de la Tierra, ó lo que es lo mismo, el camino que recorre en su movimiento anual en torno al Sol; y *PQ* el eje de la Tierra, el cual conserva, como puede verse, constantemente la misma dirección, y, por consiguiente, la misma inclinación respecto al plano de su órbita. En el grabado se representa sombreada la mitad de la Tierra que en cada posición de ella no puede recibir la luz solar, pues el Sol sólo puede iluminar al mismo tiempo á uno de sus hemisferios.



Adviértase ahora que en cada una de las posiciones de la Tierra representadas en el grabado, verifica ella su rotación diurna sobre su propio eje *PQ*, y en tal supuesto se ve sin dificultad que en las posiciones *A* y *C*, cayendo á plomo los rayos del Sol sobre el punto de cruce del Ecuador con el plano de la órbita, siendo día y noche á un mismo tiempo y respectivamente para la mitad del hemisferio Norte y para la mitad del hemisferio Sur, y quedando los polos *P* y *Q* precisamente en la línea de separación de los hemisferios iluminado y sombrío, al girar la Tierra sobre su eje cada punto de ella ha de describir la mitad

de su círculo en la luz y la otra mitad en la obscuridad, resultando así los días iguales á las noches.

En la posición *B* hay iluminada una parte mayor del hemisferio boreal que del austral, y en la *D* al contrario. Al girar la Tierra sobre su eje *PQ* en la primera de las dichas posiciones, todo lo de ella que cae al Norte del Ecuador, y en tanta mayor medida cuanto más próximo esté del Polo Norte, describirá mayor arco de círculo en la parte iluminada que en la obscura, y, por consiguiente, serán para ese hemisferio más largos los días que las noches, y lo contrario sucederá para el hemisferio austral.

En la posición *D* será este último el que disfrute de días más largos, por razones idénticas.

Nota II.

La nebulosa de Orión está reconocida como uno de los cuerpos ó grupos de cuerpos celestes más notables de cuantos haya fuera de nuestro sistema solar. Se calcula que el volumen de esa nebulosa es más de un millón de veces mayor que el de un astro que tuviera por diámetro el de la órbita de la Tierra en su movimiento de giro alrededor del Sol.

En el adjunto diseño se marca con la letra *N* el punto de la constelación de Orión en que está situada esa nebulosa. Las tres estrellas del centro de la constelación son las generalmente conocidas por los nombres de «los tres Reyes» ó «las tres Marías», que forman el llamado «cinturón de Orión».

CAPÍTULO XXXV

El drenaje y el riego.—Aparato para elevar el agua.

Lo más notable del sistema de educación que emplea Don Juan con sus alumnos, es la asidua atención que pone á un mismo tiempo en cosas completamente distintas; porque mientras se estaba fabricando esa casa y ese globo de que tan gran partido sacó él para enseñar á sus alumnos treinta ó cuarenta cosas que á primera vista parecen en absoluto diferentes entre

UNED

sí y ajenas á lo que se traía entre manos, no se dejaban de verificar las faenas agrícolas propias de cada estación, las cuales entonces, como siempre, eran para él manantial fecundísimo de observaciones, consejos y enseñanzas, tanto sobre materias íntimamente relacionadas con la vegetación, las siembras y los cultivos en general, como sobre otros mil asuntos que apenas tienen conexión con ésos.

Aquí Don Joaquín, que era el que de ese modo me hablaba, me dió explicaciones sobre la manera que tenía Don Juan de hacer practicar la agricultura á sus alumnos, valiéndose no de máquinas é instrumentos perfeccionados como los que se usan hoy generalmente en las inmensas haciendas de los Estados occidentales de la República americana, sino de los aperos más sencillos, que obligan al hombre á hacer constante empleo de sus manos y de sus fuerzas.

—Tengo muchas razones para proceder así, le oí decir un día á Don Juan (me decía á mí á su vez Don Joaquín, prosiguiendo su conversación conmigo), porque una cosa es hacer producir la tierra mucho y bueno, y otra absolutamente distinta hacerla producir económicamente, sucediendo generalmente que no se armonizan entre sí ambos fines.

»Donde escaseen los brazos y sea, por consiguiente, muy poco el valor de la tierra, lo económico es ciertamente cultivar grandes extensiones de ella valiéndose de máquinas poderosas, que sustituyen con su acción rápida y su fuerza ciega á la mano inteligente del hombre; pero nunca se logrará que un arado prepare y desmenuce la tierra tan perfectamente como una azada, ni mucho menos que arados movidos por máquinas de vapor que rompen, cruzan y dejan surcadas grandes superficies de tierra en brevísimo tiempo, hagan trabajo tan perfecto como un arado común guiado por un gañán inteligente y laborioso. Así se ve que donde más rinde la tierra no es en esos países donde se practica el cultivo extensivo en vastísima escala por medio de máquinas, sino en aquellos otros donde se cultiva la tierra á mano y al menudeo, como si dijéramos.

»Y lo económico no es lo mismo en todas partes, sino en cada lugar lo que las circunstancias indiquen. Tanto se arruinaría quien quisiera cultivar en California por los procedimientos primitivos que se emplean en Francia, pero que hacen rendir muchísimo á la tierra, como quien en este último país

UNED

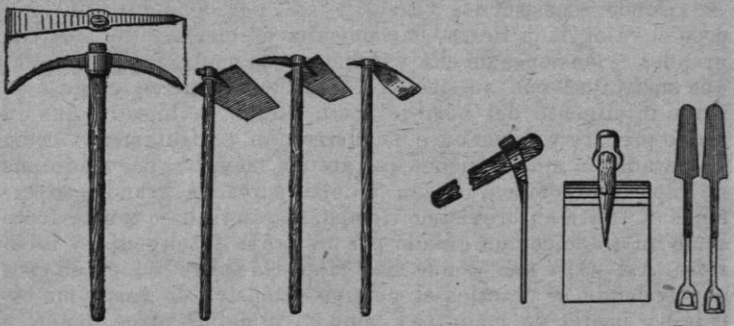
para practicar el cultivo intensivo se valiese de las costosas maquinarias propias del cultivo extensivo, que imponen en California la abundancia y baratura del terreno, la escasez de los hombres y la consiguiente carestía de los jornales.

»Pero sobre todo, me seguía diciendo Don Juan (pues no ha de olvidarse que es Don Joaquín quien tiene la palabra), no sería la mejor manera de enseñar agricultura á mis alumnos el hacerles cultivar con máquinas que se encargan de hacerlo todo y que nada dejan que hacer á los que las dirigen.

»Don Juan mismo presidía las faenas agrícolas, y muchas veces, cuando se ofrecía, tomaba parte en ellas; aunque más generalmente se limitaba á presenciarlas para poder explicar á sus alumnos la razón de ellas.»

Quitaré aquí la palabra á Don Joaquín para dar á mis lectores una ligera idea, por medio de grabados, de algunos instrumentos y máquinas que se emplean para el laboreo de la tierra en ambos cultivos, intensivo y extensivo.

Entre los instrumentos más sencillos y primitivos que se usan para remover la tierra, se cuentan: el *pico* ó *zapapico*, la *azada* ó *guataca* (como en algunas partes se la llama), el *azadón* (que es una variedad de la azada), y la *pala* ó *laya*, que no



Pico. Azadas y azadones. Palas.

sólo sirve para arrojar desde un lugar á otro muy cercano, y á tiro de brazo, materias pulverulentas ó muy menudas, como tierra, cal, arena y otras semejantes, sino para remover la tierra hincándola en ella y haciendo fuerza sobre su mango para levantar el terrón.

De esos instrumentos, que revisten variedad grande de formas, y que se usan, no sólo para labrar la tierra, sino para muchas otras cosas, dan idea los grabados de la página anterior.

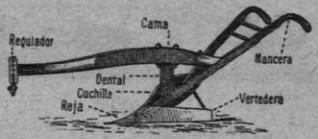
Coa.

Un instrumento muy primitivo, cuyo objeto no es remover la tierra, sino hacer agujeros en ella para sembrar ciertas plantas, es la *coa,* que se reduce á una estaca armada de un hierro acanalado en la punta.

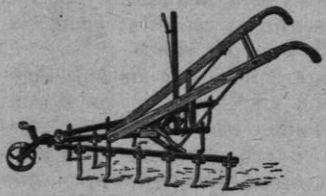
De arados hay variedad infinita, desde el más común y sencillo hasta los más complicados movidos por vapor.

Las figuras siguientes representan varios.

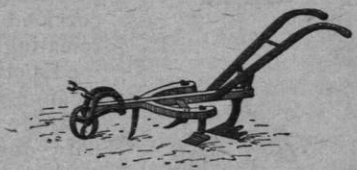
1



2



3



5

4

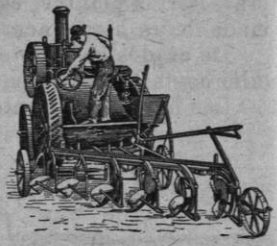
6

La número 1 es un arado sencillo; la número 2, uno de vertedera con dos estevas ó manceras para agarrarlo; las 3, 4 y 5

son arados *cultivadores* ó *escarificadores,* destinados á remover tierras ya sembradas para desmenuzarlas y extirpar las malas hierbas; la 6 es un arado llamado *topo,* que se emplea en terrenos muy blandos y sueltos, para abrir zanjas.

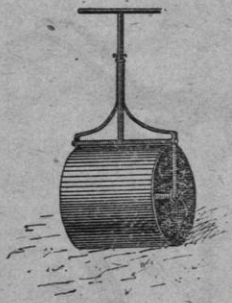
Las figuras 7 y 8 dan una idea de cómo se practica la operación de arar en el cultivo extensivo. En la primera de ellas, el

7



8

arado es arrastrado por medio de cadenas por dos máquinas locomóviles de vapor que se sitúan á uno y otro lado del paño de tierra que se está arando, y que van corriéndose según se necesita. Es el sistema inglés de arar por vapor.



9

La otra figura indica el sistema americano, mucho más práctico, en el cual el arado, que suele ser de muchas rejas para que pueda abrir sendos surcos simultáneamente, es arrastrado por una poderosa locomotora que sustituye á los bueyes ó caballos.

La figura 9 representa un rodillo ó pisón giratorio, que unas veces es de hierro y otras de piedra, y que suele usarse para apisonar caminos y también para quebrantar y pulverizar, después de bien secos y asoleados, los gruesos terrones levantados por la primera labor del arado.

Fernandito, hijo de uno de los colonos de Don Juan, y uno de los más aprovechados de sus discípulos, me demostró una tarde cuando volvíamos á la casa desde la era en que había estado ocupado con sus demás compañeros en la faena de tri-

UNED

llar, el gran provecho que había sacado de su práctica en labores agrícolas, y de las explicaciones que había oído muchas veces de los labios de Don Juan.

Me dijo que todas las tierras que cultivaban eran de regadío, pero que, con todo, habían necesitado aplicar á una parte de ellas, que era excesivamente húmeda, la operación llamada *drenaje*.

—¿Quieres explicarme qué es eso de *drenaje*?—le pregunté yo, haciéndome el que no lo sabía, sólo por el gusto de oirle.

—Drenaje se llama—me contestó, muy satisfecho sin duda de su papel de maestro—á una operación que se hace en las tierras demasiado húmedas para que el exceso de agua se filtre á través de ellas y no pudra las raíces de las plantas.

»Es una palabra inglesa que se ha adoptado en todas partes para designar á esas obras de desecación cuando están formadas por canales ó conductos subterráneos; pues cuando esos conductos van por encima del suelo no se las comprende bajo ese nombre, sino bajo el de obras de saneamiento, de desecación ú otros semejantes.

—Por lo visto—dije yo—, son los ingleses los inventores del *drenaje*.

—No, señor—me contestó Fernandito—; el drenaje es cosa tan vieja que los autores latinos de agricultura, entre ellos el español Columela, hablan largamente de él y lo describen. Además, nunca ha dejado de practicarse en otros países, pero en Inglaterra es donde más se le usaba en estos últimos tiempos y donde más se ha hablado y escrito sobre la manera de practicarlo.

»Los ingleses llaman *drenaje* á todas las obras que tienen por objeto dar salida á las aguas sobrantes, lo mismo en el campo que en las poblaciones; pero nosotros sólo aplicamos esa palabra, que hemos tomado de su idioma, á las obras subterráneas de desecación con destino á la agricultura.

—Pero no me has dicho todavía en qué consisten.

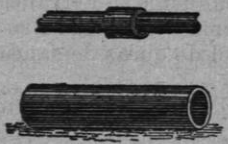
—Prescindiendo de minuciosidades, le diré que se reducen esos trabajos á una red de zanjas bastante hondas que se vuelven á rellenar de la misma tierra que se sacó de ellas después de haber establecido en su fondo, bien tubos de barro empalmados y en comunicación entre sí, fabricados *ad hoc* para el caso, bien tejas de media caña colocadas sobre otras planas em-

UNED

palmadas y comunicadas entre sí como los tubos, bien haces ó cables hechos de faginas ó zarzos, bien lechos de guijarros menudos. Las aguas se filtran por su propio peso á través de las tierras y corren por esos conductos, que las llevan de unos en otros hasta los que pudiéramos llamar *maestros,* que las vierten, ó en desaguaderos por donde corren á los arroyos ó ríos que definitivamente las recogen, ó en estanques ó charcas donde puede aprovechárselas para regar otras tierras, que es lo que aquí hacemos.

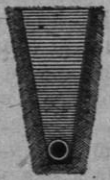
Las figuras siguientes ilustran la explicación de Fernandito: la 1 representa la operación de practicar una zanja de drenaje; la 2, tubos de drenaje de barro mostrando la manera de empalmarlos; las 3, 4 y 5 son cortes de zanjas de drenaje, la primera de ellas con tubos en el fondo, la segunda con haces

1



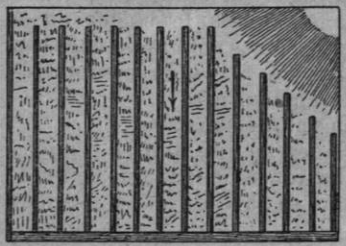
2

5

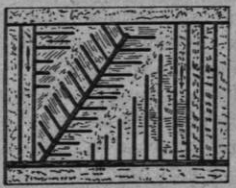


3

4



6



7

de zarzos, y la tercera con guijarros menudos; las 6 y 7 representan en proyección horizontal varias disposiciones que suele darse á los canales de desecación y de drenaje.

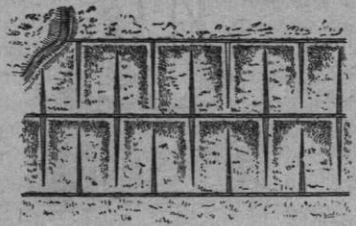
—Pero lo más común no será tener que desaguar tierras, sino que regarlas—dije yo cuando Fernandito hubo acabado de hablar.

—Sí, señor—me contestó él—; sólo regando la tierra puede contarse con cosechas seguras. Sin embargo, como no siempre es fácil regar las tierras, en la mayor parte de las que se cultivan no se cuenta con otra agua que con la eventual y poco segura de las lluvias. Al cultivo hecho de esa manera se le llama de *secano,* y es el más sencillo de practicar en todas partes, y no malo en aquellos países donde llueva regular y frecuentemente; pero muy incierto y poco productivo donde las lluvias sean irregulares y escasas.

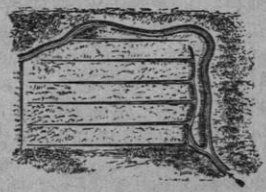
—Aquí, á lo que creo, son todas las tierras de regadío.

—Sí, señor—me contestó Fernandito—. Gran parte de ellas las regamos con el agua del canal, y las otras con norias que sacan el agua de varios pozos muy abundantes que aquí tenemos; de modo que no nos sucede nunca perdérsenos las cosechas por falta de agua.

—Explícame cómo se riegan las tierras, porque yo no estoy muy enterado de cosas de agricultura.



Regadío por bancales.



Regadío por medio de acequias y regueras.

—Pues mire usted—me contestó Fernandito—, para regar no basta tener agua cerca de la tierra que quiera regarse, sino más alta que ella. Hay tierras atravesadas por ríos que son de secano, á menos que no se suba el agua por cualquiera de los procedimientos que hay para ello, ó que no se tomen del mismo

río aguas arriba en un lugar más alto que las tierras que han de regarse.

—¿Y cómo se hace eso?

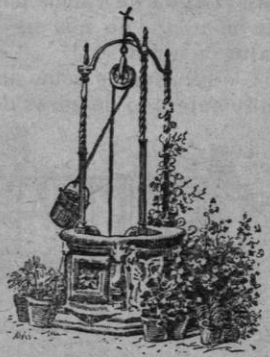
—Cuando se quiere tomar agua de un río, lo que primero suele hacerse es establecer una represa, que es, como usted sabe, un grueso paredón ó muralla que va de orilla á orilla á través de la corriente para obligar al agua á embalsarse, y desde allí se le hace al río una sangría, llevando el agua por un cauce menos pendiente que el de su lecho.

Corte vertical de un terreno dispuesto en bancales.

—Bien—le dije yo—; eso es lo que se llama un canal, si no me engaño.

—Sí, señor; precisamente. Toda la tierra comprendida entre el canal y el río podrá así regarse, porque estará más baja que el agua del canal.

»También se puede subir el agua por medio de azudas, norias, tornillos, bombas y mil otros procedimientos muy conocidos.



—El que yo más conozco—le dije—, es el del cubo y la soga, que me parece muy económico y muy seguro.

Fernandito se echó á reir, y me dijo:

—Muy económico y muy seguro, sí, señor; pero también muy largo y algo cansado. Así no se riega en un año media fanega de tierra aunque no se pare un momento de sacar agua.

—Pues explícame esos otros aparatos que tú sabes.

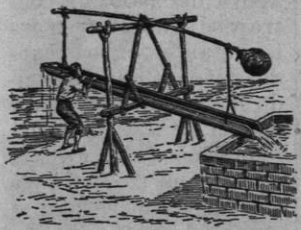
—Todos los que hay no los sé, porque son muchísimos; pero le explicaré á usted algunos de los que yo conozco.

»Este primero que voy á decirle se usa mucho en Bengala, y es bueno cuando sólo hay que subir el agua como á una vara de alto.

»No tiene nombre especial entre nosotros, pero podemos llamarle *canalón,* porque se reduce á una larga canal de madera

oscilante que se puede mover con el pie ó con la mano, llevando en el primer caso una cuerda amarrada por un cabo al extremo del canalón destinado á recoger el agua, y por el otro al de una larga caña ó pértiga apoyada en una como horca ó caballete y provista de un contrapeso en la extremidad opuesta.

Canalón sencillo.

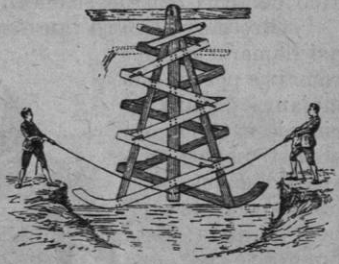


Canalón con contrapeso.

Canalón doble con agujero en el centro.

»Este aparato, en la forma dicha y en otras varias, algunas muy ingeniosas, está también en uso en Europa.

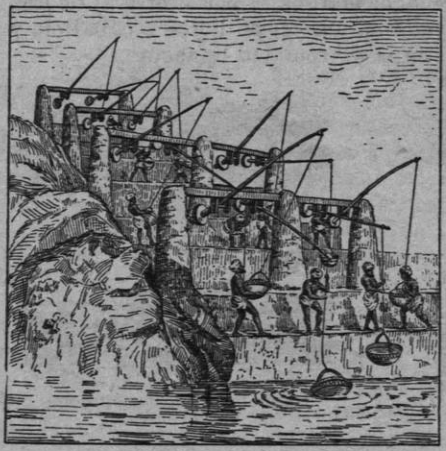
»Otro hay muy común en Egipto y en todo el Oriente, conocido allí por el nombre arábigo de *shaduf*, que podría traducirse al castellano por el de *cigüeña hidráulica*, y que sube el agua hasta quince pies y más, pero generalmente se le usa para menores alturas, estableciéndose el número de ellos que se quiera en escalones ascendentes cuando se necesita subirla á puntos más elevados.



Una variedad ingeniosa del canalón.

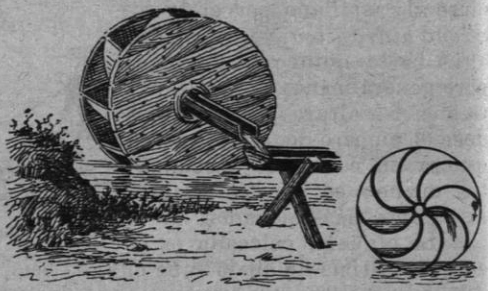
»La cigüeña colocada en el escalón último de abajo sube el agua seis, ocho ó diez pies, de donde la recoge otra segunda que la pone otros tantos pies más arriba; otra tercera la sube á su vez á mayor altura, y así sucesivamente se la hace llegar á la elevación que se quiera.

»Consiste el aparato en un largo palo ó caña oscilante en un apoyo ó caballete, el cual palo lleva en aquel de sus extremos más próximo al agua una soga de que pende un cubo ó cangilón de mimbres forrado de cuero, y en el otro, que está más cercano al punto de apoyo del palo, un contrapeso suficiente para levantar el cubo cuando, después de sumergido en el agua y henchido de ella, se le abandona á sí mismo soltando la cuerda que se asió para obligarlo á descender al nivel del agua.



»En esa misma forma y en otras que no afectan á su esencia se usa también en Europa ese antiquísimo aparato, que se ve representado en las pinturas egipcias de hace sesenta siglos, y que puede considerarse como característico de todo paisaje oriental.

»Otro muy antiguo también para subir agua es el *tímpano*, así llamado por los romanos por su semejanza en su apariencia exterior con el instrumento músico del mismo nombre, especie de bombo ó tambora. Está formado por una gran caja redonda y giratoria, de cuyo centro parten unas paletas curvas que van á morir á la periferia, sostenidas y consolidadas por los dos discos que forman las tapas de la caja. Esas paletas re-



Tímpano.

cogen el agua por el mismo movimento giratorio de la rueda, y la van subiendo hasta la altura del eje, desde donde se derrama en la canal ó depósito destinado á recibirla.

»En la forma más sencilla de ese aparato las paletas son planas en casi toda su longitud, y sólo encorvadas en figura de gancho en sus extremidades (fig. 1.ª). También puede consistir en una especie de estrella formada por tubos encorvados

Fig. 1.ª

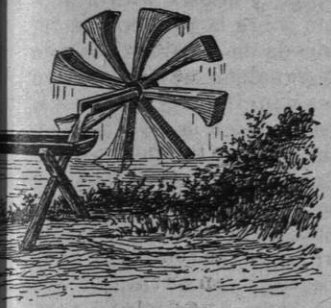
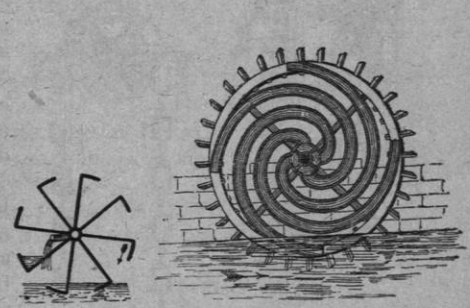


Fig. 2.ª



Variedades del tímpano.

que radian del eje ó punto de giro; tubos cuya función es semejante á la de las paletas del modelo ya explicado (fig. 2.ª).

»La *noria* ó *azuda* es otro artefacto antiquísimo y muy usado en España, Egipto, Persia, China y otros países para subir agua; con la ventaja sobre el tímpano de elevarla á doble altura, porque este último sólo la sube hasta su eje, mientras que la noria la derrama por su parte más alta.

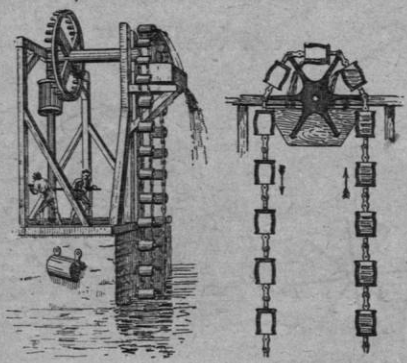
Fig. 3.ª

Noria en esqueleto. Noria ó azuda.

»Se compone de una gran rueda provista de cangilones en toda su periferia, los cuales, acompañando á la rueda en su constante movimiento de giro, se cargan de agua y ascienden llenos de ella, y bajan vacíos después de

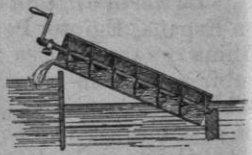
haberla vertido al llegar al punto más alto de su camino. Hay variedad grandísima de norias, entre ellas una formada por una doble envuelta dividida en compartimientos que sustituyen á los cangilones, haciéndolos innecesarios.

»Suele confundirse con la noria otro aparato á modo de rosario cuyas cuentas son sendos cangilones de madera ó de hierro, el cual rosario va montado unas veces en dos ruedas, una baja sumergida en el agua, y la otra alta á plomo sobre la primera, y colocada en el borde de la pila ó canal en que se vierten los cangilones, y otras veces en sólo esa última rueda, que es de todos modos la que recibe el movimiento y lo transmite á la segunda, en caso de haberla. De este aparato, que en algunas partes llaman *cenia*, y que es muy á propósito para extraer agua de pozos profundos, hay multitud de variedades.



Cenia ó rosario hidráulico.

»No menos las hay del llamado *tornillo de Arquímedes*, compuesto unas veces de un tubo enroscado en un zoquete redondo de madera, otras de una paleta también enroscada en forma de caracol en un eje ó alma de madera ó hierro, encerrado todo ello en un tambor largo y estrecho á modo de cañón.



Tornillo de Arquímedes.

»En una de las variantes de este aparato, muy usada en Inglaterra y sobre todo en Holanda, no hay tambor envolvente, sino un medio cañón fijo dentro del cual gira el alma con la paleta que en torno suyo lleva arrollada, en lo que también difiere de los demás modelos en que alma, tornillo y envuelta forman un conjunto invariable que gira todo á una.»

De las bombas, aunque también fueron comprendidas en la relación de los aparatos de subir agua que Fernandito me hizo, no hablaré aquí, por haberlo ya hecho en otro lugar del libro.

UNED

CAPÍTULO XXXVI

Las tierras de cultivo.—La vida de las plantas.—Incertidumbre de las clasificaciones.

—Ya que has sido tan amable, querido Fernandito, que me has explicado lo que es drenaje y regadío y las maneras que hay de subir agua, dame una lección de agricultura, comenzando por explicarme las diversas clases de tierras que se utilizan en ella.

—Hay varias clases de tierras de cultivo—me contestó—: una de ellas es la formada por la destrucción ó pulverización de las rocas que le sirven de asiento.

—No entiendo bien lo que quieres decirme.

—Supóngase usted una roca pelada. Ya comprenderá usted que en ella nada puede sembrarse; pero con el transcurso del tiempo, y por efecto del aire, del sol, de las aguas y de las heladas, la superficie de esa roca se va quebrantando y acaba por desmenuzarse y volverse polvo hasta una profundidad de unas cuantas pulgadas. Desde ese momento, ya la superficie de esa roca se ha convertido en tierra de cultivo, pero de muy poco fondo, porque las aguas, el sol y las heladas son agentes de acción muy lenta y que harán muy poco ó ningún efecto en el núcleo sólido de la roca, protegido de su acción destructora por la capa superficial cultivable ya formada.

»¿Comprende usted ahora cómo una roca puede servir de asiento á una capa de tierra de cultivo formada por la destrucción de la superficie de esa misma roca?

—Ahora sí te he comprendido perfectamente; sigue adelante.

—Hay también tierras de cultivo formadas por los arrastres de las aguas durante largos siglos. Se las llama *de aluvión* y son á veces profundísimas, habiendo algunas á que no se les ha

UNED

encontrado el fondo, esto es, el lecho de rocas en que se asientan.

»Cuéntase también entre los terrenos de cultivo á los *palúdicos,* que así se llama á los que fueron pantanos desecados, bien por el hombre, bien por la Naturaleza. Los terrenos de ese origen suelen ser fertilísimos, lo mismo que los anteriores.

»*Mantillo, tierra vegetal* ó *humus,* que es lo mismo dicho en latín, es la tierra producida por la descomposición de los troncos, raíces y hojas de los vegetales, la cual suele hallarse en lo más superficial del suelo.

»Los agricultores llaman solamente *suelo* á la capa superficial á que alcanzan las labores, y *subsuelo* á la que está inmediatamente debajo de ella y le sirve de asiento. A veces ese subsuelo, adonde no llegan ni el arado ni la azada, es de idéntica naturaleza que la tierra superficial, conviniendo en tales casos, cuando ésta es fértil, pero agotada por una larga producción, practicar labores muy profundas para traer á la superficie la tierra del subsuelo, que será un buen abono para la otra.

—Yo creía que siempre era bueno ahondar mucho las labores para que las plantas puedan extender bien hacia abajo sus raíces.

—Pues no lo crea usted; porque si la tierra de debajo es mala, sucederá que, al sacarla á la superficie del suelo y revolverla con la de arriba, se echará ésta á perder. También ocurrirá, á veces, que, siendo malas ó medianas ambas, hagan una buena liga por tener la una lo que le falte á la otra, y en tal caso será muy conveniente la labor profunda.

—Por lo que me dices, veo que el labrador no puede ir á ciegas ni debe labrar de la misma manera todas las tierras, ni le basta tampoco saber qué clase de tierra es la de arriba del suelo, sino que necesita conocer también la que está debajo de ella.

—Así es; pero son muy pocos los labradores que tienen todas esas cosas en cuenta, y por eso es lo más común que produzca la tierra mucho menos de lo que debe.

—¿Y qué substancias son las que forman las tierras de cultivo?

—Varían mucho, y por eso son tan distintas unas de otras. En general, la sílice, la alúmina, la cal, la magnesia, la potasa,

la sosa, los óxidos de hierro y de manganeso, los nitratos, ó sea combinaciones del gas ázoe con otras materias, y el mantillo ó tierra producida por la putrefacción de árboles, plantas y hierbas, entran en diversas proporciones en la composición de todas las tierras de cultivo.

»De tales tierras han de vivir las plantas por sus raíces, así como han de vivir del aire por sus hojas; porque las plantas, lo mismo que los animales, comen y respiran, con la diferencia de que los animales pueden moverse y buscar su alimento donde lo haya, mientras que las plantas necesitan encontrarlo en el mismo lugar en que se hallen.

—¿Y en qué consiste el alimento de las plantas?

—Pues en primer lugar en oxígeno, hidrógeno, carbono y ázoe, que son materias que en cantidades mayores ó menores entran en la composición de todas ellas. Esas las sacan, parte del aire por las hojas, y parte de la tierra por las raíces. Contienen además las plantas ciertas substancias minerales en pequeñas proporciones. Esas las sacan sólo de la tierra por las raíces, porque no las hay en el aire.

—Debe de ser estudio muy curioso y entretenido el del desarrollo de un vegetal desde que está reducido á una pequeña semilla hasta que se convierte en un árbol frondoso: ¿verdad, Fernandito?

—Sí, señor, curiosísimo, pero muy poco conocido á pesar de lo mucho que se ha hecho por investigar la razón y causa de todos los fenómenos de la vegetación.

—Dame una idea de la vida y del desarrollo de una planta.

—Le diré á usted lo poco que sé sobre la materia.

»Las plantas, en general, constan de dos partes semejantes y simétricas: una que se ve, que se compone del tronco, ramas y hojas, y otra subterránea, que son las raíces.

»Como ya le dije á usted, se asemejan á los animales en la manera de nutrirse Lo mismo que los animales, se asimilan ciertas substancias por el aparato respiratorio y otras por el digestivo. El aparato respiratorio de las plantas son las hojas, y el digestivo las raíces.

»Las plantas no pueden moverse como los animales; pero las

raíces se extienden buscando las materias que necesitan, y las ramas también se extienden, dirigiéndose, cuando se ven precisadas á ello, en busca de la luz, que es elemento que juega papel muy importante en su vida. Se ha observado que la planta encerrada en un lugar obscuro en que haya un resquicio ó agujero por donde entre la luz, dirigirá hacia él sus ramas. También se ha observado que, si se entierra cerca de una planta una materia que sea un buen abono para ella, se dirigirán sus raíces hacia el lugar en que esa materia se encuentre.

»La planta que comienza á vivir se nutre durante el período de germinación subterránea de la substancia misma de su semilla; pero en cuanto tiene raíces y asoma su tallo ya provisto de hojas fuera del suelo, se manifiestan varios fenómenos químicos muy conocidos y estudiados que persisten durante toda la vida del vegetal.

—Por lo que veo, Fernandito, la primera parte de la vida de una planta es semejante á la del polluelo, que mientras está encerrado en el cascarón vive de la substancia misma del huevo.

—Exactamente lo mismo; porque entre la vida de los animales y la de las plantas hay muchos puntos de analogía. Ahora vea usted cómo vive y crece la planta después de haber brotado de la tierra:

»Sus partes verdes, ó sean sus hojas, descomponen en presencia de la luz el ácido carbónico del aire, quedándose con su carbono y dejando en libertad su oxígeno; porque ya sabe usted que el ácido carbónico es un gas compuesto de carbono y oxígeno.

»Ese hecho se ha probado encerrando en una campana de vidrio expuesta á la luz y llena de ácido carbónico, una rama con sus hojas, y viendo que pasado algún tiempo el gas ácido carbónico contenido en la campana ha menguado, siendo sustituído por cierta cantidad de oxígeno puro.

»La luz es un elemento indispensable para que se verifique esa reacción química, porque de noche sucede al contrario: que las hojas de los vegetales despiden cierta cantidad de ácido carbónico cuyo origen no está bien estudiado ni conocido. Ambos hechos explican que sea durante el día saludable la cercanía de los árboles y perniciosa en las horas de la noche.

UNED

»Está muy recomendado no dormir en habitaciones cerradas donde haya plantas ni ramos de flores.

»También reciben carbono los vegetales por las raíces; pues se ha visto que una planta puede desarrollarse, aunque penosamente, con sólo que tenga las raíces sumergidas en agua; pero si ese agua es carbonatada, la vegetación se activa notablemente. He ahí por qué constituyen un buen abono las materias orgánicas en descomposición y que, por consiguiente, dan origen á ácido carbónico.

»También se ha probado que las plantas cuyas raíces están sumergidas en agua privada de aire perecen, hecho que demuestra las ventajas de un suelo poroso para la vegetación. Se cree asimismo con buenos fundamentos que alguna parte del agua que está en contacto con las raíces de una planta se descompone para cederles hidrógeno.

»En cuanto al ázoe que en más ó menos cantidad entra en la composición de las plantas, no se cree que les llegue por las hojas, por más que el aire lo contenga en gran cantidad, sino por las raíces, mediante la descomposición de los nitratos que pueda haber en la tierra y de los que en el seno de ella se están constantemente produciendo. Los nitratos son por eso excelentes abonos. El llamado *guano del Perú*, que se vende á muy alto precio y que constituye uno de los más importantes ó quizás el más importante artículo de exportación de aquel país, no es sino un nitrato mezclado con otras substancias, que se aprecia muchísimo como abono.

»Por las raíces llegan también á las plantas las substancias minerales que entran en su constitución, disueltas en el agua que forma la savia, líquido éste que es como si dijéramos la sangre de los vegetales y á cuya circulación deben su crecimiento y su vida.»

Íbamos en esto llegando á la casa, donde nos reunimos con Don Juan, que seguido de otros alumnos había llegado allí momentos antes.

No pude menos de felicitarle por los resultados de sus enseñanzas de que acababa de darme Fernandito tan palpable muestra.

—¿De qué le ha hablado á usted Fernandito?—me preguntó Don Juan.

—Me ha estado explicando lo que son tierras de cultivo,

cómo se desecan cuando son demasiado húmedas, y cómo se riegan; me ha dado también noticia de varios aparatos para subir agua, y también me ha explicado cómo nacen, se nutren y crecen las plantas.

—¡Fernandito!—exclamó Don Juan medio riéndose—. ¿Has tenido valor para dar lecciones de Botánica á este señor que sabe mucho más que tú y que yo de Historia natural? ¡Nada menos que sobre germinación y crecimiento de las plantas has tenido la temeridad de hablar! Pero muchacho, ¿sabes tú en la que te has metido? ¿En qué se diferencian los animales de las plantas?

—Creo—contestó Fernandito, que estaba medio abochornado—que la diferencia está en que los animales viven, crecen, sienten y se mueven, mientras que las plantas sólo viven y crecen.

—Pues te engañas, porque hay plantas que sienten; y si no acuérdate de la llamada *sensitiva,* que cierra las hojas en cuanto la tocan; y por si no lo sabes, te diré que hay otra llamada *atrapamoscas,* cuyo nombre botánico es *Dionea Muscipula,* que cierra las hojas en cuanto las moscas se posan sobre ella, lo que demuestra que también siente. Otras hay cuyas hojas se cierran cuando va á llover y al ponerse el sol, y se abren cuando sale, girando hacia él durante su curso.

—¿Y qué hace la atrapamoscas con los insectos que se posan en sus hojas?—preguntó Gonzalito, que estaba allí presente con otros varios discípulos de Don Juan.

—¿Pues qué ha de hacer?: ¡comérselos!—exclamó Don Juan—. Eso os prueba que no se pueden sentar reglas generales sobre nada que se refiera á las cosas de la Naturaleza. Se nos dice que los vegetales sólo se alimentan por las hojas de oxígeno y de carbono; ¡pues ahí tenéis uno qué se alimenta por ellas nada menos que de moscas!

»También hay plantas que se trasladan de una parte á otra. Ciertas algas marinas producen gérmenes que se mueven en el agua por medio de sutiles ligamentos ó cabellos musculares, hasta que encuentran un paraje conveniente donde fijarse. Esas son plantas que se mueven.

»Ya ves, Fernandito, cómo no es exacto que los animales difieran de las plantas en la facultad de sentir ni de moverse, supuesto que hay plantas que sienten y que se mueven. Hay que

UNED

desconfiar mucho de las dos clasificaciones sistemáticas y de las reglas generales.

—Y entonces—preguntó Gonzalito—, ¿en qué se distinguen los animales de los vegetales?

—Pues voy á contestarte en muy pocas palabras que esa separación de reinos vegetal y animal ha sido hecha por los hombres y no por la Naturaleza, que no conoce tales reinos ni repúblicas. La variedad de formas y manifestaciones de la vida que hay en la Naturaleza es infinita, y todas nuestras clasificaciones son inexactas. A lo sumo sirven para facilitar el estudio, pero no debiendo nunca perderse de vista que están sujetas á mil excepciones y que carecen de toda realidad. Lo mismo os digo de las teorías sobre la naturaleza de la luz, del magnetismo, del calor, de la electricidad, de la gravitación, muy útiles para guiar al entendimiento en el estudio de los fenómenos físicos y para explicarlos, pero que de ninguna manera deben tomarse como hechos ciertos y positivos. En realidad, no se sabe ni lo que es luz, ni calor, ni gravitación, ni electricidad, ni magnetismo; reduciéndose todo á hipótesis más ó menos ingeniosas que expliquen los efectos que percibimos, pero que otros efectos no observados anteriormente suelen echar por tierra.

Fernandito se había quedado tan corrido después de lo que Don Juan le había dicho, que apenas se atrevía á alzar los ojos. Don Juan, que lo observó, quiso consolarle, porque el muchacho era bueno y aplicado é inteligente y lo merecía.

—No creas—le dijo—que te riña yo por haber contestado lo que sabías á las preguntas que este señor te ha hecho; has obrado, al contrario, muy correctamente. Sólo he querido, al hablarte á ti y á tus compañeros como acabo de hacerlo, enseñaros una cosa que quizás no supierais sobre las clasificaciones y las hipótesis científicas en general. Y para que veas que apruebo lo que has hecho hoy, desde mañana en adelante nos vas á explicar los cultivos de los cereales y de otras plantas útiles, para que este señor nos dé su opinión sobre los procedimientos que aquí seguimos en las labores agrícolas.

—Ahora me toca á mí—dije—manifestarle á usted, Don Juan, que seguramente más tendré que aprender de lo que nos explique Fernandito que dar opiniones sobre ello; porque lo poco que yo sé de esas materias no me autoriza á tenerlas. Mañana me tendrá usted, pues, aquí, como un alumno más.

UNED

CAPÍTULO XXXVII

Los cereales. —Recolección y molienda del trigo, y fabricación del pan.

Tomó la palabra Fernandito al día siguiente, y comenzó de esta manera:

—Una multitud de plantas de la familia de las gramíneas, de las cuales se aprovechan ó las semillas ó la harina que resulta de moler esas semillas, llevan el nombre de *cereales*.

—¿Hay acaso—le interrumpió Don Juan—plantas de la familia de las gramíneas que no sean cereales?

—Sí, señor; hay muchísimas gramíneas que no son cereales: la caña de azúcar, por ejemplo, es una de ellas.

—Perfectamente—le contestó Don Juan—. ¿Y sabes tú por qué se llaman cereales esas plantas de las cuales se aprovechan las semillas?

—Porque Ceres era en la antigua mitología la divinidad que presidía á las cosechas y las sementeras.

—Sigue adelante—dijo Don Juan.

—El más importante de los cereales—prosiguió Fernandito—es el trigo, por los principios nutritivos que contiene. Hay de él muchísimas variedades, correspondientes á diversos climas, regiones y terrenos.

»Las regiones más propias para su cultivo son las templadas, aunque hay variedades de trigo que viven y prosperan en regiones donde se sufren fríos y calores muy rigurosos. Es también planta que no quiere ni falta de humedad ni exceso de ella.

»Aparte del oxígeno, hidrógeno, carbono y ázoe de que se compone, contiene varias sustancias minerales, particularmente sílice, alúmina, cal y fósforo; conviniéndole más que otro cualquier abono el estiércol, por más que escasea algo en fosfatos.

UNED

—¿Y el yeso le convendría como abono?—preguntó Don Juan.

—Mucho—contestó Fernandito—. El yeso, como fosfato de cal que es, le conviene en gran manera. Se cuenta que el famoso

Trigo moro.

Tallo y espiga de trigo común.

Benjamín Franklin, el inventor del pararrayos, para demostrar la excelencia del yeso como abono del trigo, hizo que en un campo que había de sembrarse de ese grano se trazase, regando yeso, un gran letrero que dijera que estaban formadas de yeso las letras que lo componían, y mostrando después de crecido el trigo á los que acudieron á verlo, que las espigas correspondientes al letrero estaban muchísimo más desarrolladas que las otras.

»La tierra en que haya de sembrarse trigo—continuó diciendo Fernandito—debe arársela bien honda; pero convendrá dejarla que se endurezca algo antes de entregarle la simiente, lo que se hará después de una labor muy somera, no conviniendo pulverizar demasiado la superficie del suelo, especialmente en las siembras de invierno. Para las de primavera debe labrarse la tierra en verano acabada la recolección; otra vez, y muy profundamente, antes de la entrada del invierno, y muy por encima al tiempo de la sementera.

—¿Deben labrarse del mismo modo todas las tierras?—preguntó Don Juan.

—No, señor. Las tierras gruesas exigen más labores que las ligeras y flacas. Hablo—prosiguió diciendo Fernandito—de las labores que se dan á la tierra para desmenuzarla y mullirla, no de las que tienen por fin extirpar las malas hierbas y mantener dispuesto el terreno para recibir la acción de la atmósfera, las cuales se verifican durante todo el año; porque ésas deben menudearse lo más posible.

—Es punto tan importante ese de las labores—dijo Don Juan—, que un autor moderno de agricultura cita el hecho de un labrador que decía haber descubierto el secreto de cosechar buena cantidad de trigo, aun no lloviendo en primavera lo necesario y perdiéndose las cosechas de sus convecinos, con sólo dar á su tierra dos rejas más de las acostumbradas.

—La semilla debe ser bien escogida—dijo Fernandito volviendo á tomar la palabra—. Sólo cuando, por tratarse de alguna especie exótica, haya degenerado, convendrá renovar la simiente trayéndola del país de donde sea originaria. Para evitar que se carie, acostumbran algunos labradores bañarla en agua de cal antes de entregarla á la tierra.

»Se siembra al vuelo y con sembradora; pero lo más común es hacerlo de la primera manera dicha, para lo que se requieren gañanes muy diestros que repartan bien la simiente en los surcos. Uno que sea activo puede sembrar al día hasta siete fanegas castellanas de tierra.

—¿Y cómo son esos aparatos que llaman sembradoras?—pregunté á Fernandito.

—Los hay de muchísimas clases—me contestó—. El más sencillo se reduce á un palo que lleva en su extremo unas púas de hierro, á la conveniente distancia entre sí, que al hincarse en la tierra hacen sendos agujeros en que se echan los granos; pero ese aparato no merece el nombre de máquina sembradora, pues realmente no verifica la operación de sembrar, limitándose á prepararla. Otras hay, verdaderas sembradoras, en que un cilindro puesto en movimiento por las mismas ruedas que llevan á la máquina (el cual cilindro forma el fondo de la tolva ó embudo en que se echó la simien-

Máquina sembradora sencilla.

te), va depositando los granos á iguales distancias entre sí en el surco ó en varios surcos á un mismo tiempo. Hay muchas otras máquinas sembradoras, y algunas de ellas muy complicadas. La generalidad de ellas llevan un apéndice destinado á tapar la simiente luego de sembrada.

»Cuando se siembra al vuelo ó con aparato sembrador que sólo deposita la semilla sin cubrirla, hay que taparla, bien con el arado mismo, bien con la rastra ó grada.

—¿Y cómo conviene más hacerlo?—preguntó Don Juan á Fernandito.

—Con la grada—respondió éste—, porque hace con más igualdad el trabajo y no se corre el riesgo de enterrar demasiado honda la semilla.

—¿A qué profundidad debe sembrarse?—pregunté yo á Fernandito.

—Según sea el terreno—me contestó—. En los terrenos ligeros y secos debe sembrarse más hondo que en los arcillosos y húmedos. La profundidad á que quede la simiente no debe ni bajar de una pulgada ni pasar de cinco.

—¿Y qué cantidad de semilla se emplea?

—Haciendo la siembra con esmero y en terreno bien preparado, muy poca.

»Por lo general se gasta mucha más semilla de la debida con perjuicio de la cosecha, porque las plantas sembradas demasiado juntas se estorban unas á otras y crecen desmedradas y raquíticas; pero en general los labradores creen asegurar mejor la cosecha prodigando la semilla. Es una de tantas rutinas perjudiciales de los campesinos.

»El trigo de invierno se siembra en otoño, y el de primavera desde fines de Febrero á mediados de Marzo, y aun en Abril en las tierras muy húmedas.

»Deben darse varias escardas y labores á la tierra mientras crece el trigo, tanto para librarlo de las hierbas malas como para ablandar la tierra endurecida durante el invierno. Si se hizo la siembra con sembradora, la cual deja las plantas ahiladas lo mismo á lo largo de los surcos que en cruz con ellos, pueden darse uno ó dos hierros ligeros.

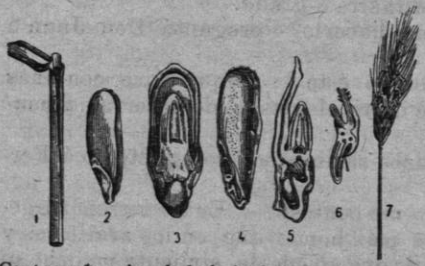
»Si se adelanta el desarrollo de las plantas, caso que suele ocurrir después de un invierno templado, debe evitarse la granazón demasiado temprana de las espigas, ó segándolas como á

UNED

dos tercios de su altura, ó haciendo entrar á un rebaño en el campo para que las ramonee.

—¿Y qué cantidad de trigo suele producir cada fanega de tierra?—pregunté á Fernandito.

—En tierras medianas y bien trabajadas—contestó—, pueden obtenerse de 140 á 150 celemines de trigo por fanega de tierra sembrada; pero en tierras de regadío buenas y bien abonadas, hasta 700 y más. En terrenos buenos y bien cultivados deben obtenerse de 300 á 500 cuando menos. Un celemín de trigo pesa sobre siete libras, y tiene unos 50.000 granos gruesos ó 78.000 menudos.



Centeno: 1, vaina de la hoja; 2, fruto; 3, embrión; 4, corte longitudinal; 5, corte del embrión; 6, embrión determinado; 7, espiguilla.

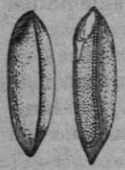
»Otro cereal muy conocido y útil es el centeno. El mejor es el de invierno, pues el de primavera produce menos y es de grano más menudo. Suele sembrársele en otoño ó á fines de Junio. En el último caso pueden sacarse dos cosechas: una de forraje verde en otoño, y otra de grano al año siguiente. Resiste mejor el frío que el trigo, y madura más pronto. Se da en terrenos secos y ligeros en que rendiría poco el trigo, y agota menos la tierra, pudiendo cosechársele varios años seguidos sin cansarla. Se le siembra siempre al vuelo, enterrándose la simiente menos honda que la del trigo.

»De la harina del centeno se hace pan, aunque inferior en calidad al de trigo. En Holanda se fermenta el grano maduro y se obtiene de él un licor por destilación. La paja del centeno es muy buena para techumbre de casas rústicas y para fabricar sombreros y gorras. De su grano enfermo se obtiene una medicina muy útil, conocida por el nombre de *extracto de cornezuelo de centeno*.

»La cebada, que es otro cereal muy común en España, es de vida vigorosa y de crecimiento rápido, prosperando en climas muy distintos. El pan que se hace de su harina es de mala calidad, pero su grano es muy buen alimento para el ganado, y sirve para la fabricación de la cerveza.

»Hay muchas variedades de cebada, de ellas unas á propósito para siembras de invierno, y de primavera otras. Puede producirse en toda clase de tierras, siempre que no sean demasiado húmedas, pero prefiere las de bastante cuerpo. Exige un terreno bien mullido y cuidadosamente preparado. Se la siembra generalmente al vuelo; pero podría emplearse perfectamente la sembradora. Las cebadas de invierno se siembran en Agosto ó Setiembre, y las de primavera en Febrero, Marzo ó Abril, según sean la estación y la humedad.

Tallo y espiga de cebada.



1 2

1, grano de cebada; 2, corte ó sección del mismo.

»Produce la fanega de tierra sembrada de cebada de invierno de 500 á 600 celemines y en primavera de 300 á 400. Pesa el celemín unas 6 libras.

»La avena es el grano más empleado en el norte y centro de Europa para alimentación del ganado. A la del hombre sólo se le destina en ciertas regiones. Hay de ella también muchas variedades, de las que unas son más propias para siembras de invierno, y para las de primavera otras. Es el menos delicado de todos los cereales, pero agradece, con todo, los cuidados que se le dediquen. En muy buenas condiciones puede dar una fanega de tierra sembrada de avena hasta 700 y más celemines. Viene á pesar el grano de avena como la mitad que el de trigo.

Avena.

»Hay una clase de avena, que se llama *fatua, loca, estéril,* ó en algunas provincias *ballueca,* que se distingue por lo rústica, vigorosa y temprana, y por producir granos más menudos, negros y capaces de conservarse muchos años en la tierra sin perder su virtud germinativa. Es perjudicialísima á la tierra por la prontitud con que forma sus granos y los arroja, dando ori-

gen á la idea muy difundida de que carece de grano y de que proviene de la alteración del trigo, de la cebada ó de la misma avena.

»Sembrada la avena loca, aunque sea en muy corta cantidad, con las otras semillas, acaba por apoderarse por completo del terreno por ir quedando sus semillas sobre la tierra, ahogando todas las siembras siguientes; razón por la cual deben los labradores poner grandísimo cuidado en la elección de la simiente, separando de ella todos los granos de esa clase de avena; cosa fácil sin necesidad de otro aparato que la criba común, porque los granos dichos, como más menudos y livianos, ó pasan por los agujeros de la criba ó suben á la superficie de los otros granos.

Arroz: A y B, planta; 1, corte ó sección del tallo; 2, espiguilla; 3, sección de un grano.

»El arroz es cereal que en Europa exige clima bastante cálido y tierra todavía más que húmeda, anegada ó pantanosa, que hace insalubre su cultivo y las inmediaciones de los lugares en que se practica.

»Se le siembra en Abril ó en Mayo, arrojándose la semilla al vuelo en el campo previamente inundado. Delante del sembrador va un caballo arrastrando tras de sí una plancha destinada á igualar el suelo y á levantar del fondo cierta cantidad de tierra, que al volver á depositarse en él por su propio peso, cubra la semilla que cayó un momento antes.

»Dos ó tres días después, se deja retirar el agua para que el suelo reciba la acción del sol y del aire y puedan germinar en buenas condiciones los granos sembrados. Al salir las primeras hojas á la planta se vuelve á anegar el campo. Cuando no se dispone de agua bastante para mantenerlo sumergido constantemente, se le cubre de agua cada siete á ocho días; porque el arroz puede obtenerse muy bien con riegos periódicos siempre que entre uno y otro no quede la tierra en seco.

»Uno de los mayores enemigos del arroz son las malas hierbas, que hay que extirpar dos ó tres veces entre la siembra y la cosecha; operación siempre malsana.

»Llegado el arroz á la madurez, lo que pronto se conoce en

el color amarillo que toman las espigas, se desagua el arrozal para poder verificar fácilmente la siega. Hácese ésta como la del trigo, y del mismo modo se forman los haces y se trillan. Después de esas operaciones todavía queda para el arroz la de descascararlo, la cual se verifica á mano, golpeándolo con pilones de madera, ó en molinos formados también por pilones ó mazos y movidos por agua, vapor, fuerza animal ú otro motor cualquiera.

»En Cochinchina, en Cuba, en la isla de Francia y en otras comarcas, se cultiva el arroz en terrenos que nada tienen de anegadizos y que ni siquiera son susceptibles de regarse, bastando el agua de lluvia, siempre que no falte en los períodos oportunos, para lograrse de él pingües cosechas.

»El arroz es para los pueblos del Asia oriental y la Oceanía lo que el trigo y el centeno para los occidentales, y siendo aquéllos más numerosos, puede decirse que constituye ese grano el alimento de las dos terceras partes de la especie humana.

»La harina de arroz sirve en la confitería para la confección del llamado *manjar blanco*. También la perfumería la utiliza en la composición de polvos de tocador.

Maíz: 1, espiguilla; 2, flor; 3, mazorca desnuda de su envuelta; 4, sección ó corte del grano; 5, planta.

»Del arroz fermentado se fabrica en la India, por destilación, un licor muy fuerte, y de su paja se hacen papel y sombreros.

»El maíz es quizás el don más precioso que el antiguo mundo deba al nuevo, de donde es originario.

»Aunque exige clima cálido, el hecho de recorrer todos los períodos de su vegetación en los meses del verano, permite que se le obtenga también en tierras de clima frío. Pide buen terreno, pero también se acomoda á los medianos. Se le siembra cuando ha desaparecido todo temor de heladas, preparando la tierra con tres hierros: uno profundo, en otoño; otro, en primavera, y el tercero, antes de la siembra.

»Puede sembrársele al vuelo, pero es mejor depositar los granos á dos y medio ó tres pies de distancia unos de otros en los

surcos. Cuando las plantas han llegado á cuatro ó seis pulgadas de altura, debe desherbarse el terreno á mano, con la azada ó con el arado cultivador ó escarificador, si la siembra se hizo en líneas; y cuando tienen veinte ó veinticuatro pulgadas, debe calzárselas ó aporcárselas con la azada ó con el arado.

»En la América tropical y ecuatorial se recogen dos cosechas de maíz al año, sembrándosele también para utilizar sus tallos, á que llaman *maloja*, como forraje.

»La siembra con tal objeto no se hace en líneas, sino al vuelo y muy espesa.

—¿Qué arados son esos cultivadores y escarificadores de que has hablado?—pregunté á Fernandito.

—Son unos arados ligeros de varias rejas, destinados á remover superficialmente la tierra ya labrada, y muchas veces también sembrada, y á arrancar las hierbas nocivas.

—Pero antes de describir esa clase de arados di á este señor algo de los comunes y de los demás instrumentos que se usan para labrar la tierra.

Fernandito entonces, después de decir que hay infinidad de instrumentos para romper, remover y surcar la tierra, y no menor número de modelos de cada uno, describió desde la azada hasta los arados extirpadores y cultivadores, sin olvidarse de los movidos por máquinas de vapor, tan comunes en los territorios occidentales de los Estados Unidos y en las grandes explotaciones agrícolas de la América Central y Meridional y de las Antillas. Habiendo tratado ya nosotros en las páginas 307 y 308 de esos instrumentos, excusaremos hablar más acerca de ellos, limitándonos á dar idea, por medio del grabado adjunto, de la manera de arar en Dakota, California y otros Estados americanos en que se cultiva muy en grande escala, cuando se emplean arados movidos por fuerza animal y no los de vapor que ya representamos en uno de los grabados de la citada página.

El arado aquí figurado no suele trabajar sólo, sino formando parte de cuadrillas de ellos en que suele haber diez, doce y más, gobernados por un capataz que va en coche ó á caballo. Es

muy frecuente que tracen surcos de hasta tres leguas, saliendo por la mañana, haciendo un descanso á mediodía y llegando al fin de su carrera por la tarde; camino que desandan al día siguiente trazando otro surco en sentido contrario. Después de esas y otras explicaciones, reanudó Fernandito el hilo de su interrumpida narración, diciendo:

—Los granos del maíz no se producen en espigas como los del trigo, sino en mazorcas, compuestas de un núcleo de sustancia leñosa en cuya superficie están embutidos y fuertemente trabados los granos, cubriendo todo ello unas hojas recias como pergamino, á que se da el nombre de *tusa* en la isla de Cuba. Recuerda la mazorca en su figura la del huso de hilar.

»Hay, pues, que deshojar y desgranar las mazorcas después de cosechadas, operaciones que pueden dilatarse largo tiempo, en particular la última; probando la experiencia que el maíz se conserva mejor en la mazorca que desgranado. Desgránasele, bien á mano restregando las mazorcas unas contra otras ó contra el filo embotado de una planchuela de hierro fija en una pared ó mesa, bien en molinos desgranadores *ad hoc*, de los cuales los hay movidos por máquinas de vapor que desgranan enormes cantidades de mazorcas al día.

Mazorca del maíz con las hojas que la envuelven.

»El maíz es utilísimo para engordar el ganado y para alimento de las aves de corral. En algunas de nuestras provincias en que no se da bien el trigo lo sustituye haciéndose de su harina un pan que llaman *borona* en la provincia de Santander y *boroña* en Asturias. Se confeccionan también con su harina varios platos muy nutritivos en que también suele entrar la leche como componente.

—Mucho más partido se saca del maíz en América, particularmente en la América española—dijo Don Juan—. Allí se le utiliza tanto en grano como en harina, y lo mismo maduro que tierno ó *saraso* como en algunas partes lo llaman. El *atol*, el *funche*, llamado también *serensé*, el *guiso*, el *majarete*, el *pan de Caracas*, el *tallullo*, el *tamal* ó por otro nombre *bacán*, las *tortillas*, muy usadas en Méjico para alimentación de la gente trabajadora, y muchos otros manjares de cocina y de pastelería y confitería conocidos por muy diversos nombres, y exquisitos

algunos de ellos, se confeccionan con maíz. De él se obtiene en los Estados Unidos de América, donde está extendidísimo su cultivo, almidón en muy grandes cantidades, y el producto farináceo llamado *maicena,* de muchísimas aplicaciones en la pastelería y confitería. También se le utiliza en la fabricación de la *chicha* y de otros licores alcohólicos.

»Ahora sigue tu explicación, Fernandito.

—Hablaré ahora—dijo éste—del *mijo ó millo,* como en América lo llaman; porque del maíz nada me queda que decir, como no sea que hay de él grandísimo número de variedades, como de todos los otros cereales.

Mijo ó millo común: 1, ramita de una panoja; 2, espiguilla vista por el lado estrecho; 3, ídem por el ancho; 4, órganos sexuales; 5, estioma; 6, fruto; 7, corte del mismo.

»Del mijo ó millo hay también muchísimas correspondientes á sendos climas y terrenos. Le conviene tierra seca y ligera, pues la humedad le es contraria. Es de todas las gramíneas anuales la que mejor resiste el calor.

»Debe sembrársele algo más claro que el maíz, porque se extiende más hacia los lados; enterrársele más hondo por ser mucho más menudos sus granos, y no esperarse á su último período de madurez para cosecharlo, porque se desgrana fácilmente.

—¿Y qué usos tiene el mijo?—pregunté.

—Sus tallos son excelente forraje para el ganado, y sus granos muy nutritivo alimento para las aves de corral—contestó Fernandito.

—Nos has explicado muy bien el cultivo de los cereales más importantes, pero nada nos has dicho de las operaciones de la recolección y siguientes—dijo Don Juan.

—Si usted quiere—le contestó Fernandito—hablaré de las del trigo, porque sabiendo ésas, que son las más importantes, ya se saben poco más ó menos las demás.

—Muy bien: explícanos todo lo que se hace con el trigo desde que se le recoge hasta que se le convierte en pan—le dijo Don Juan.

—Debieran segarse las mieses—dijo Fernandito—cuando hubieran llegado á estado de madurez completa; pero no siendo posible hacer en un día la siega, ni probable tampoco que todas las espigas estén en el mismo punto de sazón, conviene más

UNED

bien anticiparse para evitar que se desgranen; y si aun anticipándose á hacer la siega llegase á estar tan en sazón una parte del campo que corriesen peligro las espigas de desgranarse al segarlas, habrá que darse prisa en la faena, trabajando hasta de noche para acabarla en el menor tiempo posible.

Hoz. Guadaña.

»La siega se hace con hoz ó con guadaña, prescindiendo de esas máquinas segadoras arrastradas por caballos ó movidas por máquinas de vapor que se usan en tierras muy llanas y en que, además de cultivarse extensiones inmensas, son muy escasos y muy caros los jornaleros. La guadaña trabaja mucho más de prisa que la hoz, pero ésta permite segar las mieses á la altura que se quiera y desgrana menos las espigas.

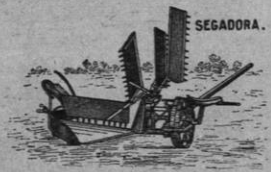
—¿Y por qué has de prescindir de las máquinas segadoras?—dijo Don Juan.

—Porque suelen ser muy complicadas en su mecanismo, y me sería imposible dar idea inteligible de ninguna de ellas por medio de palabras—contestó Fernandito.

—Pues son bien antiguas—dijo Don Juan—, porque ya las había en tiempo de los galos.

—Hay mil modelos de máquinas segadoras—siguió diciendo

Segadora mecánica sencilla.



Otra segadora más complicada.

Fernandito—; las más sencillas son esas de mano que se usan para cortar el césped de los jardines; las grandes suelen consistir en un vehículo arrastrado por dos caballos, y una de cuyas ruedas, armada en su llanta de ciertos salientes para que se agarre mejor al terreno, lleva montada en su eje una rueda

dentada que transmite un rápido movimiento de vaivén á una especie de sierra que va cerca del suelo á un costado del carro. Arrastra éste al mismo lado de la sierra á una plataforma inclinada montada sobre ruedas, en que, por medio de un mecanismo especial, se recoge toda la mies segada, que un hombre que va en ella se encarga de ir arrojando detrás del vehículo principal.

»Excuso decirles á ustedes que todavía esa máquina y otras semejantes son muy primitivas comparadas con las gigantescas máquinas americanas de vapor, que siegan al día extensiones de tierra verdaderamente increíbles.

La siega.

—Sigue adelante con la recolección del trigo—dijo Don Juan.

—Segadas las mieses, se las va agrupando en haces ó gavillas atadas con paja de centeno ó con sogas de esparto, ó con cualquier otra ligadura, y después de algunas horas de tenerlas en el mismo campo para que se oreen y pierdan la humedad, se las lleva á la era, donde después de tendidas las parvas se las trilla y avienta.

»La trilla se hace de varias maneras: ó haciendo entrar

La trilla.

animales en la era que pisoteen la parva hasta desmenuzarla y desgranar las espigas, por medio de un trillo, especie de rastra guarnecida de cuchillos de hierro y pedernales por la parte que toca al suelo, ó azotando la parva con látigos ó azotes, ó, por último, por medio de máquinas movidas por fuerza animal ó por vapor.

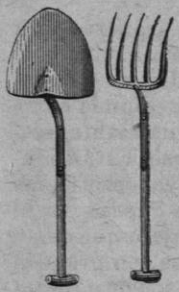
—Danos una idea de alguna de esas máquinas—dijo Don Juan.

—Todas ellas están fundadas en el mismo principio: un volante armado de cuchillas en su contorno gira rápidamente dentro de un tambor cuyas paredes curvas internas, separadas apenas de las del volante, están armadas de cuchillas semejantes que se cruzan con las primeras. Las espigas introducidas dentro del tambor son desmenuzadas y desgranadas por las cuchillas.

Cribando el grano.

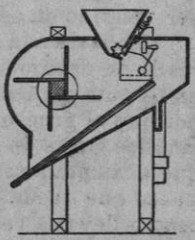
Aventando la mies.

»Después de trillada la mies, sigue el aventarla lanzándola á lo alto con el bieldo para que el viento vaya separando la paja del grano, y el cribar ó aechar después el grano en cedazos ó zarandas.»



(Las figuras adjuntas representan el bieldo ú horquilla de madera que se usa para aventar la mies, y la pala con que se recoge y amontona el grano después de verificada la anterior operación.)

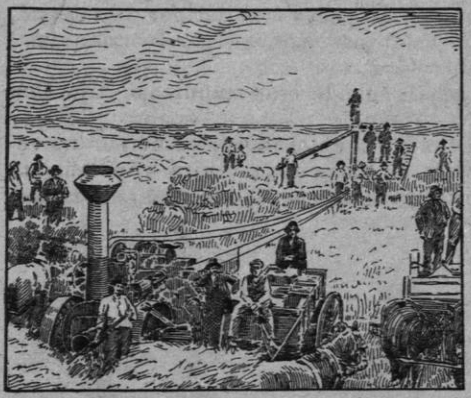
—También habrá máquinas para hacer esas operaciones—dijo Don Juan.



Corte de una aventadora mecánica.

—Sí, señor, y bien antiguas. A principios del siglo XVIII trajeron los holandeses la primera máquina de aventar de China, donde estaba en uso desde tiempo inmemo-

rial, y no tardó en propagarse en Europa. El modelo más sencillo de ella, porque hay muchos, se reduce á un gran embudo ó tolva de madera en que se echa el grano, que va pasando á una caja cuyo fondo está formado por una criba animada de un rápido movimiento de vaivén que le comunica el mismo manubrio que sirve para mover la máquina. Al salir del cedazo, cae el grano en un plano inclinado que lo lleva fuera del aparato, recibiendo de paso el soplo del aire puesto en movimiento por una rueda de paletas que gira dentro del tambor, cuyo fondo está constituído por el dicho plano inclinado. Esa máquina aventadora y cribadora ú otra semejante suele ir unida á la trilladora, de manera que la mies ya trillada cae desde luego en la tolva de la aventadora.



Este grabado da idea de la manera de hacer la trilla y aventado del trigo en una de las grandes explotaciones de América.

»El grano ya limpio de paja, se almacena en graneros para ser vendido en esa forma ó molido para reducirlo á harina.

»La molienda se hace entre dos piedras redondas, de las cuales la de debajo es fija, y movible la de arriba, mediando entre ambas un pequeño intervalo que ha de ser, naturalmente, menor que el grueso de los granos que han de molerse. Están además las caras de ambas piedras surcadas de rayas profundas que aumentan su aspereza. El trigo cae entre las ruedas por el hueco que queda entre el eje y los bordes del agujero que en su centro lleva la rueda de arriba. Cuando las ruedas son grandes no debe dar la movible más de ochenta vueltas por minuto; pero cuando son chicas, como es lo común en los molinos modernos, puede hacérsele dar hasta ciento veinte. La harina, junta con el producto de la cáscara molida de los granos, á que se

da el nombre de afrecho ó salvado, arrastrada por la fuerza centrífuga, va á parar á una rígola ó espacio anular que hay en torno de la rueda movible y es expelida por un agujero que lleva en su perímetro. De allí pasa á los cedazos, que la separan y clasifican según su mayor ó menor finura.»

(Los molinos de grano pueden ser movidos por fuerza de sangre, de agua, de viento ó de vapor. La figura 1.ª representa, en corte, uno movido por el viento; la 2.ª, en perspectiva, uno

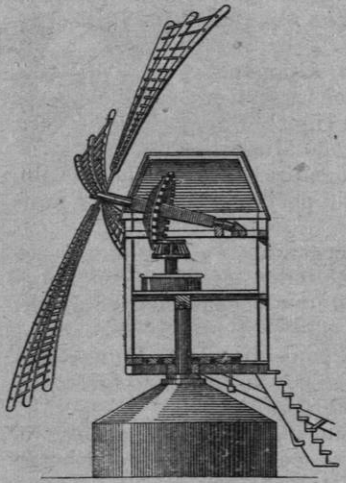


FIG. 1.ª

FIG. 3.ª

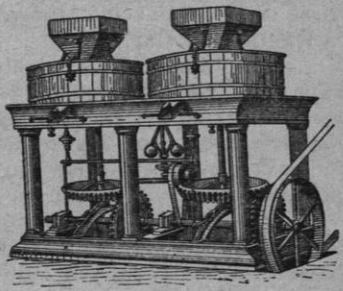


FIG. 2.ª

movido por vapor; la 3.ª, en proyección horizontal, una piedra de molino mostrando las rayas ó surcos que lleva en su superficie.)

— Ahora dinos, antes de explicarnos la fabricación del pan, de qué elementos se compone la harina y cuáles son sus propiedades—, dijo Don Juan á Fernandito.

—Si se parte un grano de trigo—contestó Fernandito—, se verá que tiene dos envueltas, una dura, que es la exterior, y otra interior más fina y porosa. *(Véase la figura de la página 329.)* De esta última sale el afrecho ó salvado.

»Dentro del grano, y en su parte interior, se encuentra el

germen, ó sea aquel de sus órganos que puesto en condiciones de calor y humedad convenientes se desenvuelve en forma de una pequeña raíz y un pequeño tallo que constituyen la planta en el primer período de su vida. La parte central del grano contiene gran porción de una substancia llamada *gluten*, y la más superficial se compone de *almidón*.

»Si se echa harina en agua y se revuelve el líquido, se verá, pasado un rato, que el agua se pone amarillenta y pegajosa y que en el fondo del vaso se deposita un polvo blanco. Este es el almidón; la substancia disuelta en el agua, y que le da el color amarillento, el gluten.

»Este último es una materia altamente nutritiva, que, junta con el almidón, contiene todos los elementos que el cuerpo humano necesita; de modo que, en rigor, el hombre puede vivir sano y vigoroso con sólo pan por todo alimento.

—¿De modo—pregunté á Fernandito—que podría prescindirse de la carne como alimento sin perjuicio de la salud ni de la fuerza muscular?

—Absolutamente—contestó Fernandito—. El gluten sustituye en un todo á la carne; pero no todos los trigos son igualmente ricos en gluten: los trigos duros lo contienen en mucha mayor cantidad que los tiernos.

—Vamos á la fabricación del pan—dijo Don Juan—. Explícanosla en pocas palabras, que se nos va haciendo tarde.

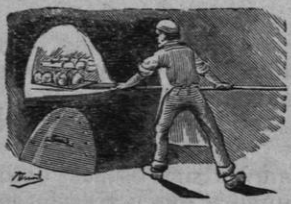
—Pues es muy sencilla—dijo Fernandito.

»Se reduce, hablando en términos generales, á amasar la harina con agua, sal y levadura, y á cocer después en el horno la masa, dividida en porciones del tamaño que se quiera dar á los panes. Es operación que se hace, por lo común, todas las semanas en las casas de los pueblos de España, pero que en las ciudades se encomienda á los panaderos; no así en otros países, como en Inglaterra, donde es muy general, aun en las grandes ciudades, hacer el pan dos ó tres veces á la semana en las casas.

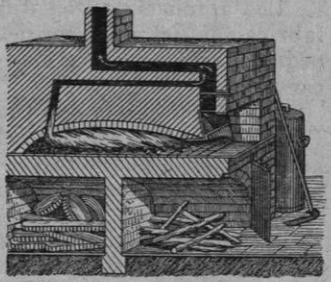
»La harina amasada y junta con la levadura experimenta una reacción química llamada *panificación*. Esa reacción química tiene tres etapas: la fermentación *sacarina*, la *vinosa* ó *alcohólica* y la *acética*. La calidad del pan depende, en primer lugar, de las proporciones en que se mezclen los ingredientes, esto es: la harina, la sal, la levadura y el agua; en segundo, de la perfección con que se los amase; en tercero y principal, del

momento en que se introduzca la masa en el horno; y en cuarto y último, de las condiciones de calor y de tiempo en que se verifique la cochura.

»El momento propio para meter la masa en el horno es durante el primer período de fermentación, ó sea mientras se está verificando la fermentación sacarina.



Cochura del pan.



Corte ó sección de un horno de cocer pan.

—También de la harina se hacen muchas otras cosas— dije yo.

—Sí: aparte de sus innumerables aplicaciones á la confitería, pastelería y cocina, sirve para fabricar galleta, macarrones, fideos y otros artículos, que sólo en la forma se diferencian de ellos. En la confección de esas pastas no entra la levadura.

CAPÍTULO XXXVIII

La cerveza.

—Ya que nos has explicado la siembra, cultivo y recolección de los cereales y la fabricación del pan—dijo Don Juan á Fernandito—, vamos á agotar ya la materia tratando de la fabricación de la cerveza, que como sabéis, ó debéis saber, tiene por principal primera materia la cebada.

—Sí, señor—dijo Fernandito—; todos nosotros sabemos que la cerveza procede de la fermentación de la cebada; pero no estamos enterados de la manera de fabricarla; yo, á lo menos, sólo la conozco muy por encima.

Los alumnos de Don Juan estaban muy al corriente de la fabricación del vino, porque lo hacían ellos mismos, aunque en pequeña escala, pero sabían poco acerca de la fabricación de la cerveza.

Tomó, pues, Don Juan la palabra y comenzó diciendo:

—La cerveza es, como el vino, un líquido alcohólico, pero generalmente menos fuerte que el vino; y digo generalmente, porque no todos los vinos son igualmente alcohólicos.

—¿Y de dónde le llega el alcohol á la cerveza, si la cebada no lo tiene?—preguntó Gonzalito.

—Tampoco lo tiene el mosto de las uvas sino después de la fermentación, que es un fenómeno químico que lo transforma por completo—contestó Don Juan.

»En el jugo del tallo de la cebada, como en el del trigo, en el del maíz y en los de todas ó casi todas las gramíneas, hay azúcar y se podrían convertir en bebidas alcohólicas mediante la fermentación, lo mismo que el jugo de las uvas; pero la cerveza no procede del tallo, sino de los granos ó semillas de la cebada, donde no hay azúcar, pero sí almidón que puede transformarse primero en azúcar y ésta después en alcohol.

»El almidón se encuentra, como ayer nos dijo Fernandito, junto con el gluten dentro de las semillas de los cereales, y está destinado por la Naturaleza á alimentar á la planta durante su germinación; pero no disolviéndose el almidón en el agua y siendo indispensable que la planta reciba su alimento en forma líquida, ese almidón se transforma primero en azúcar, que es sustancia muy soluble, y de ella se nutre la planta embrionaria al encontrársela disuelta en el agua que la rodea.

—¿De modo que una semilla no puede germinar si no está mojada?—preguntó Gonzalito.

—De ninguna manera. Sin agua no hay germinación posible. Una semilla de trigo, por ejemplo, bien guardada en un lugar seco, conserva indefinidamente la facultad de germinar, como se ha demostrado con granos de trigo encontrados en sepulcros egipcios, donde han estado encerrados muchos miles de años.

UNED

»Y no sólo es indispensable el agua para la germinación de la semilla—prosiguió diciendo Don Juan—, sino que ella sola es bastante para producirla, porque en el interior de la semilla, no sólo está el germen de la planta, sino todo lo que ésta necesita para nutrirse y desarrollarse durante su existencia embrionaria en el seno de la tierra, ni más ni menos que en el huevo se hallan juntas la materia que da origen al polluelo y la que le sirve de alimento durante la incubación.

—¿Es decir—preguntó Fernandito—, que el almidón que hay, según usted nos dice, en la semilla de la cebada, se convierte en azúcar al humedecerse?

—No—contestó Don Juan—. La humedad provoca, dentro de la semilla, la formación de una substancia llamada *diástasa,* la cual tiene la propiedad de convertir en azúcar al almidón que también está contenido en la misma semilla.

Lúpulo.

»Sabido eso, ya podéis entender el proceso de fabricación de la cerveza. Esta se obtiene de la semilla de la cebada y de cierta substancia amarilla segregada por la flor de una planta trepadora llamada *lúpulo,* que es la que comunica á la cerveza el sabor amargo que la distingue.

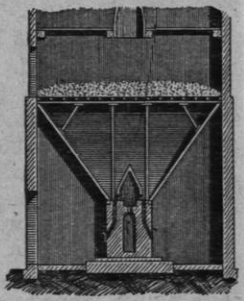
»Para que se convierta en azúcar el almidón contenido en los granos de cebada, se provoca la germinación de éstos hasta el punto, muy indicado por la experiencia, en que aquella transformación se ha cumplido. Sumérgese al efecto la cebada en un depósito de agua, que se remuda las veces necesarias durante un tiempo que depende de la temperatura y de otras circunstancias, pero que ni suele bajar de cuarenta ni pasar de sesenta horas. Déjasela escurrir unas ocho ó diez dentro del mismo depósito, así que se ha sacado de él la última agua, y después se la traslada á un local en cuyo suelo, que debe ser impermeable, se la deposita, formando montones como de media vara de grueso, en cuyo seno no tarda en desarrollarse notable calor, que se advierte introduciendo en ellos la mano.

»Allí se va poco á poco verificando la germinación de la se-

milla, que de ninguna manera se deja llegar al punto en que brota el germen á través de su envuelta; porque de ahí en adelante, la planta embrionaria se iría progresivamente apropiando para su desarrollo, el almidón transformado en azúcar por la diástasa, y ese azúcar quedaría perdida para la operación de convertir en alcohol todo el almidón de la semilla, que es lo que el fabricante de cerveza se propone. Hombres sumamente prácticos siguen, pues, la marcha de la germinación, procurando que se verifique por igual en toda la cebada amontonada, removiéndola de cuando en cuando y reduciendo poco á poco el espesor de los montones, hasta que queden en poco más de un palmo.

Grano de cebada germinado.

»Llegada la germinación al punto conveniente, que suele ser al cabo de doce, quince y hasta veinte días, según el tiempo y otras circunstancias, se la detiene, secando la masa y matando los gérmenes por el calor, lo que se hace en unos secaderos ú hornos, cuya temperatura va poco á poco elevándose hasta llegar muy cerca de la del agua hirviendo.



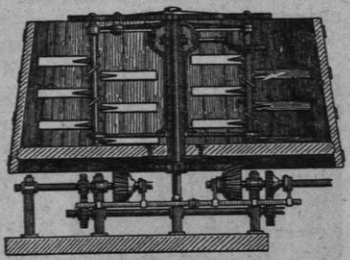
Fabricación de la cerveza. Horno para secar la cebada germinada ó malta.

»Tras de la desecación se somete la *malta* (que así se llama á los granos germinados) á una especie de molienda imperfecta que no llegue á reducirla á polvo, sino solamente á aplastarla, con objeto de que el agua en que ha de bañársela después penetre bien en su masa y disuelva todos sus principios solubles.

»Hay diversos sistemas de molinos para practicar esa operación, siendo el más sencillo el ordinario de piedras horizontales, pero algo más separadas que para la molienda del trigo.

»Del molino pasa la malta á cubas proporcionadas en tamaño á la cantidad de materia que hay que tratar, pero cuya altura no pase de dos varas, las cuales llevan un doble fondo agujereado sobre el cual se dispone la malta. El agua caliente que ha de entrar en ellas y en que han de disolverse todas las materias solubles, llega debajo del doble fondo por un tubo que comunica

con una caldera en que se calienta el agua hasta el punto conveniente, que es siempre más bajo que el del hervor. Al mismo tiempo se agita el líquido, bien á mano, bien por procedimientos mecánicos. *(Como en la figura adjunta se indica.)*

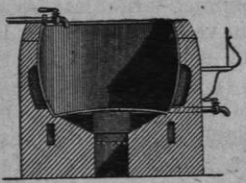


1.- Fabricación de la cerveza.

»El agua se muda tres veces, después de un reposo de una y media á dos horas cada vez. La primera agua es la que da el mosto más cargado de azúcar; la última, el más pobre en ella y la destinada, por consiguiente, á producir la cerveza más floja.

»El orujo ó casca que queda sobre el doble fondo de las cubas después de vacías se aprovecha para alimento del ganado.

»Sigue á la operación dicha la del cocimiento del mosto, durante la cual se le agrega la disolución de lúpulo que da á la cerveza su gusto amargo, y que tiene también la virtud de hacerla más durable y fácil de conservar. Ese cocimiento dura entre dos y cuatro horas, y el lúpulo se echa en la caldera cuando está á punto de hervir el líquido, variando la cantidad de lúpulo según sea la clase de cerveza que se quiera elaborar. Las calderas empleadas para esa operación son de varios sistemas, habiéndolas abiertas y cerradas, calentadas á fuego directo ó por tubos de vapor. *(La representada en la figura 2 es de fuego directo.)*



2.—Fabricación de la cerveza.

Flor de lúpulo

»Desde ellas pasa el mosto á otros depósitos, desde los cuales se le traslada por decantación á otros de muy poco fondo, en que, así clarificado, se le deja enfriarse todo el tiempo necesario, que puede variar entre seis y quince horas; y desde estos últimos á las cubas en que ha de fermentar, cuya capacidad es,

UNED

naturalmente, proporcionada á la cantidad de mosto que ha de contenerse en ellas. En Inglaterra, donde la cerveza se fabrica en cantidades enormes, hay cubas de 250.000 litros y más de cabida (fig. 3).

»Para provocar la fermentación del mosto se le echa levadura de cerveza procedente de fermentaciones anteriores.

3.—Fabricación de la cerveza.

»A las seis ú ocho horas de la adición de la levadura debe estar ya la fermentación en plena actividad, manifestándose por una capa de espuma amarillenta sobre el líquido, y más espesa en el centro que en las orillas del depósito.

»Algunas veces se deja acabar la fermentación en esas cubas; pero lo más común es transvasar antes el líquido de ellas á otras más pequeñas, cuya tapadera está provista de una ancha abertura para dar salida á la levadura conforme va produciéndose, siendo conducida por una canal á un depósito. También se sigue el sistema de recogerla con espumaderas. Esa levadura, cuya cantidad suele ser cinco ó seis veces mayor que la empleada en provocar la fermentación del mosto, fuertemente prensada, tiene, entre otras aplicaciones, la ya dicha en la misma elaboración de la cerveza, y la muy conocida en la del pan.

»Todavía después de la fermentación suele someterse la cerveza á otras operaciones, por más que ya en realidad esté fabricada y en disposión de consumirse. Una de ellas es la de la clarificación, la cual se hace con cola de pescado.

»En la fabricación de la cerveza fuerte llamada *porter* entre los ingleses, pasa el líquido desde las cubas de fermentación á otras llamadas allí *de reserva*, en que sufre otra segunda fermentación muy lenta que puede durar hasta diez y ocho meses.

»Hay de esas cubas en las grandes fábricas inglesas de 800.000, 1.000.000 y hasta 3.000.000 de litros de cabida.

—Por lo visto, también se podría hacer cerveza del trigo y del centeno, porque en su semilla hay almidón, lo mismo que en la de la cebada—dijo Fernandito.

—De ambos cereales, y también del maíz y del arroz, se

UNED

hacen bebidas alcohólicas muy conocidas, aunque de uso menos general—le contestó Don Juan.

—Pero cerveza sí se fabrica en todas partes—dijo Gonzalito.

—Sí—le contestó Don Juan—, pero Inglaterra, Alemania y los Estados Unidos son los países en que más se la produce y consume.

»Y, sin embargo, y ved lo que cambian las cosas con el tiempo, en España, tierra hoy tan productora de vino, sólo se bebía cerveza cuando llegaron á ella los romanos. La vid era entonces casi desconocida en su territorio.

CAPÍTULO XXXIX

La vid y el vino.

—Ya que ha venido la conversación rodando á tocar en la vid, y habiendo hablado ya bastante de los cereales y de los productos derivados de ellos, tratemos ahora de las viñas y del vino.

»Vamos á ver, Julio: á ti te toca ahora; que ya Fernandito ha hablado bastante. Toma la palabra, y dinos cuanto sepas acerca de la vid y de la elaboración del vino—dijo Don Juan.

Ramo de vid.

—La vid crece naturalmente en muchos países y climas de la tierra—dijo Julio—; pero los más convenientes para ella, y donde produce los vinos mejores y más afamados, son los comprendidos entre los treinta y cincuenta grados de latitud. No tanto necesita la vid cierto grado de calor como que se reparta de tal manera en el curso del año que apriete bien en los meses del verano, aunque nieve y hiele con frecuencia en los del invierno. Por eso vemos que regiones de España, como las de Asturias y Vizcaya, mucho más templadas que las del centro, no son buenas

para la vid, mientras que se da ésta perfectamente en las regiones frías del centro.

»Tiene también gran influencia en la prosperidad de esa planta la mayor ó menor humedad y la manera en que se reparta el agua en las diversas estaciones del año. Desde luego, la mucha humedad le es contraria, siendo más bien planta de clima seco, lo que no es óbice para que le convengan mucho las lluvias en ciertos períodos de su vegetación, como, por ejemplo, cuando comienza á crecer la uva y á desenvolverse sus granos. En cambio, las lluvias que caen hacia el tiempo de la vendimia le son perjudiciales, porque aguan excesivamente el mosto.

»También hay que tener en cuenta que la frondosidad, prosperidad y robustez de la planta no suelen estar en proporción con la bondad del vino. Así que las tierras crasas y substanciosas, en las cuales se desarrolla perfectamente, no son las que más le convienen, sino más bien las ligeras, secas y pedregosas, y situadas en las faldas ó laderas de los collados.

—Basta ya de climas, humedades y terrenos, y dinos cómo se siembra y cultiva la vid, porque si no, no vamos á acabar nunca—dijo Don Juan.

—La vid puede sembrarse ó plantarse—siguió diciendo Julio—. Lo primero es muy lento, habiendo quien afirma que un pie de viña procedente de semilla no da todavía fruto á los doce años.

»La plantación se hace de dos modos: ó por *acodos* ó por *estacas*.

—¿Qué es eso de acodos y estacas?—pregunté yo—. Háblame en términos más vulgares, porque no estoy muy al tanto de los vocablos de la agricultura.

—Esos términos no corresponden—me contestó Julio—á lo que suele llamarse agricultura, sino á la arboricultura.

»Cualquier árbol puede reproducirse por acodo ó por estaca. Consiste el primer procedimiento en enterrar una de sus ramas, sin separarla de él, hasta que eche raíces propias; y el segundo, en plantar la rama enteramente separada del árbol. En la viña se hace la plantación por los sarmientos doblándolos, sin separarlos de la cepa, y enterrándolos á cierta profundidad, á excepción del extremo superior de cada uno, que debe dejarse descubierto, cortándolo á la distancia de dos ó

UNED

tres yemas, que deben quedar fuera de tierra; y por estacas, cortando enteramente los sarmientos, y plantándolos. Este último procedimiento es el corriente, empleándose sólo el primero para llenar claros ó vacíos en la viña.

»En algunas partes se acostumbra llevar los sarmientos á un plantel, desde dónde se les trasplanta, después de dos ó tres años, al terreno en que han de quedar definitivamente.

»El cortar los sarmientos para plantarlos debe hacerse ó á fines de otoño ó principios de primavera. Algunas veces pasa algún tiempo entre cortarlos y plantarlos, debiéndose en tales casos mantenerlos en pajares frescos, reunidos en manojos y cubiertos de arena, menos dos ó tres ojos de la parte de arriba, que deben dejarse descubiertos. Otros los tienen al raso, cubriéndolos de tierra, observándose, al ir á plantarlos en primavera, que han echado ya raicillas que contribuyen á asegurar el buen resultado de la plantación.

»Se hace ésta en hileras cruzadas entre sí, para facilitar las labores, mediando entre cepa y cepa iguales distancias, que varían según terrenos, climas y costumbres, así como la altura de las cepas.

—¿Qué influencia tiene el tamaño de la planta en la calidad de sus productos?—pregunté.

—Cuanto más alta se deje, menos calor y más humedad se le proporciona—contestó Julio—, tanto porque hace menos efecto en ella la reverberación del sol en la tierra, cuanto porque la mayor abundancia de pámpanos la hace atraer más

Tijera de podar con sierra para cortar las ramas gruesas.

Cuchillo de podar.

la humedad del aire. El vino será, pues, tanto más acuoso cuanto más grandes sean las cepas.

—¿Y qué objeto tienen esos palos que en algunas partes se colocan para sostener las cepas?—pregunté yo.

—Hacer que el sol llegue más desembarazamente al pie de las plantas y dejar bien libre el terreno que media entre ellas, para dedicarlo á otros cultivos.

»Una de las operaciones indispensables en el cultivo de la vid es la poda, que se hace todos los años por otoño ó primavera.

—¿Qué objeto tiene la poda en el cultivo de la vid?—pregunté.

—Impedir la diseminación de la savia y la formación de infinidad de sarmientos y pámpanos, que extenderían demasiado la cepa, perjudicando á la calidad del vino, aunque aumentase extraordinariamente la cantidad del fruto.

»En el primer año no debe tocarse á la planta; en el segundo se quita el sarmiento más alto y se corta el que se halla más cerca del tronco, que es el que salió del ojo ó yema inferior; en el siguiente se podrán dejar dos ó tres sarmientos, cortándolos de manera que sólo les quede una yema; en el cuarto año se deberá dejar una yema más á los sarmientos que se conservan como ramas madres; y al siguiente, que es cuando la vid está en su mayor fuerza y comienza á dar fruto, se puede dejar dos yemas á los sarmientos más vigorosos, suprimiendo todos los demás. De allí en adelante debe cuidarse de que no pase nunca de cinco el número de sarmientos, los cuales no deben tener sino dos yemas á lo sumo, por más que siempre hay que tener en cuenta el clima y la naturaleza y orientación del terreno.

»La poda es operación que requiere grandes precauciones...

—Basta de poda, y pasa también por alto los ingertos, las labores y demás cosas relativas al cultivo, y explícanos la elaboración del vino, porque de otra manera va á ser esto el cuento de nunca acabar—dijo Don Juan.

Dijo entonces Julio que el vino se obtiene de la fermentación del zumo de la uva, ó sea del mosto, en el que hay disueltas en agua multitud de substancias, entre las cuales se cuentan el azúcar y el tanino.

Añadió que el alcohol que entra en la composición del vino, lo mismo que en la de la cerveza y otros líquidos análogos, procede siempre de la transformación del azúcar.

—¿De modo que de todas las sustancias azucaradas, como lo son los zumos de muchísimas frutas, verbigracia, la manzana, la pera, la cereza, la guinda, la grosella y otras infinitas, podrían obtenerse bebidas alcohólicas?—pregunté yo á Julio.

—Sí, señor, y también de los jugos de los tallos de muchos

vegetales, como la caña de azúcar, el trigo, el maíz, la cebada y muchísimas otras plantas, y de los jugos de las raíces de muchas otras, como la remolacha y la zanahoria.

Remolacha.

Zanahoria.

»Todo líquido, sea el que quiera, que contenga azúcar en disolución, puede fermentar si se le pone en condiciones de ello, y convertirse en una bebida alcohólica—añadió Julio.

—Tan es así—dijo Don Juan—, que de la fermentación de la miel disuelta en agua se hace una bebida que, con el nombre de *hidromiel,* se usaba mucho entre los antiguos pueblos del Norte de Europa. En los antiguos monumentos literarios de esas naciones figura muchísimo esa bebida, que es, en su mitología, lo que el *néctar* en la griega: la bebida de los dioses y de los héroes.

Siguió explicando Julio cómo, fuera de ciertos casos particulares en que hay que hacer fuera de sazón la vendimia, lo corriente es vendimiar cuando las uvas han alcanzado la madurez perfecta, debiendo dejarse en la cepa (aunque no siempre se haga) los racimos todavía no maduros, para cortarlos cuando hayan sazonado.

—¿Cómo se cortan los racimos?—pregunté yo—. ¿Acaso con la hoz?

—No, señor; con tijeras ó con cuchillos bien cortantes, para no lastimar la planta.

Siguió explicando Julio cómo llevados los racimos al lagar, ó son luego exprimidos ó, antes de serlo, privados de los escobajos, cuya influencia en la calidad del vino consideran unos perjudicial y otros benéfica.

—¿Y qué piensas tú respecto de eso?—le preguntó Don Juan.

—Yo creo que conviene dejar los escobajos en la fabricación de algunas clases de vino y no en la de otros—contestó Julio.

—¿Y no sería bueno—pregunté yo—dedicar el primer zumo de la uva, sin mezclarlo con el que suelta el hollejo, para fabricar un vino superior al que se obtiene, juntándolo todo, como creo que se hace?

—Así lo hacían los antiguos romanos—me contestó Don Juan—, y daban un nombre particular á esa clase de vino, que apreciaban más que el otro; pero hoy lo más común es que se junte todo el mosto en el mismo depósito.

—También dijiste antes, Julio, que, salvo casos especiales, se hacía la vendimia cuando la uva estaba en sazón: ¿hay acaso que vendimiar alguna vez fuera de sazón?

—Hay algunos vinos—dijo Julio—para cuya fabricación se requieren uvas que se hayan dejado secar en la cepa ó antes de encubarse, como los de Candía, Chipre, Tokai y otros de Italia y Francia.

—Vamos adelante—dijo Don Juan—. Ya tenemos las uvas en el lagar: ¿qué se hace ahora?

—Pues exprimirlas. La presión de la uva se hace generalmente con los pies, en su primera parte á lo menos, y se la acaba después en prensas de tornillo ó de cualquiera otra clase.

»Lo más común es dejar fermentar el orujo junto con el mosto y prensarlo después de acabada la fermentación á que se somete el líquido en la cuba ó depósito en que se le recibe conforme va saliendo del lagar. Ese depósito es muchas veces de mampostería revestida de hormigón hidráulico.

—¿Cuánto tiempo dura la fermentación?—pregunté.

—Varía mucho, conforme á la cantidad y calidad del mosto y á la temperatura reinante—me contestó Julio—. Cuando es lenta y difícil, se la estimula artificialmente echando en el depósito ciertas substancias que tienen la propiedad de provocarla ó activarla. Una de ellas es el tártaro, producto de otras fermentaciones anteriores, previamente disuelto en mosto y hervido en una caldera.

Siguió diciendo Julio que la fermentación produce gran cantidad de ácido carbónico, que agita con violencia la masa del mosto, y, atravesándola, estalla tumultuosamente en su superficie; y que ese ácido carbónico que se esparce en el aire del

UNED

local hace peligrosa la estancia en él, no porque sea dañoso ese gas, como creen muchos, sino porque, siendo inútil para la respiración, puede ocasionar la asfixia.

—En algunas partes—dijo—se acostumbra cerrar á piedra y lodo dicho local y no abrirlo sino cuando la fermentación esté del todo terminada.

Prosiguió diciendo que en la elaboración de ciertos vinos, como el de Champagne y otros análogos, es costumbre embotellarlos antes de que la fermentación se haya cumplido del todo, á lo cual deben la condición de espumosos que los caracteriza; porque el ácido carbónico producido después del embotellamiento queda aprisionado y comprimido en la masa del líquido y se escapa con violencia cuando se le deja en libertad al destapar la botella.

El color del mosto y el del vino que de él se obtiene, se debe al líquido que sueltan los pellejos de las uvas; de modo que, aun siendo ellas negras, darían un vino blanco si no se apurase el exprimirlas hasta mezclarse con el zumo que al principio sueltan el procedente de los últimos períodos de la presión.

—Y ya acabada la fermentación, ¿está hecho el vino?—pregunté.

—En rigor, sí—me contestó Julio—; pero todavía quedan muchas operaciones que hacer para que pueda dársele por completamente elaborado, si se quiere que lo esté en debida forma.

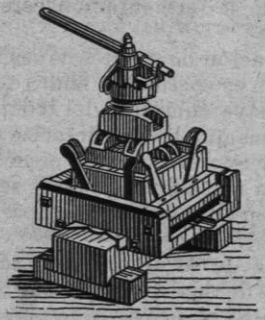
»Desde el depósito en que ha fermentado el mosto, pasa éste, ya convertido en vino por haberse transformado en alcohol casi toda el azúcar que contenía, ó en momentos determinados de la fermentación (pues varían mucho los procedimientos según la clase de vino que se quiera obtener, habiendo sobre ello multitud de reglas), á otras cubas, toneles ó tinajas donde se le deja reposar por tiempo muy variable, según también la clase de vino que se trate de producir, dependiendo de lo que en esa etapa de la fabricación se haga, no menos que de lo que se haya hecho en las anteriores y de lo que pueda hacerse en las siguientes, los caracteres especiales que distinguen á unos vinos de otros.

»A esa operación de pasar el vino desde la cuba en que se ha verificado ó se está verificando la fermentación, á las botas, tinajas ó toneles en que ha de permanecer en reposo más ó menos tiempo ó ser sometido á nuevas operaciones, se la llama *trasmu-*

UNED

dar, trascolar y por otros nombres menos generales y conocidos.

»Al orujo ó fondaje que queda en el depósito después de sacar el vino, se le prensa como ya he dicho, y no sólo una vez, sino varias, hasta que suelte todo el líquido en que está empapado, que muy frecuentemente va á juntarse con el encerrado en los toneles ó tinajas; aunque en algunas partes se acostumbra ponerlo aparte en toneles ó vasijas especiales. Del orujo ó fondaje que resulta después de varias presiones, suelen, revolviéndolo con agua y miel y dejando fermentar la mezcla, fabricar en algunas regiones de Francia un vinillo ligero y agradable que se consume durante el invierno por carecer de fuerza para pasar de la primavera.



Una prensa para el orujo de la uva.

»Todavía en los toneles ó tinajas adonde se trasmuda el vino, por hecho que parezca éste, experimenta una segunda fermentación, aunque mucho más lenta que la primera. De la buena marcha de ella y de las varias operaciones que se hagan en su consecuencia, una de las cuales consiste en ir rellenando los toneles conforme van saliendo de ellos las espumas que se producen, depende en mucho la buena calidad del vino.

»Acabada esa segunda fermentación, y ya completamente elaborado el vino, debe azufrársele y clarificársele antes de transvasársele á las cubas, toneles, pellejos, cántaros ó botellas en que ó ha de permanecer definitivamente ó ha de ser entregado al comercio. Ni en todas partes se hacen ambas operaciones, ni siquiera alguna de ellas, ni allí donde se practican ambas ó una sola de las dos se siguen los mismos métodos ni se emplean las mismas substancias ó ingredientes.

»Lo más conveniente, sin duda, es trasmudar nuevamente el vino á otras cubas ó tinajas después de azufrado y clarificado, verificándolo por decantación, para no agitarlo ni dejarlo que se mezcle con las heces, que deben quedar en el fondo de las vasijas de donde se le extrae. En esas segundas en que ahora se le encierra, debe ya dejársele en reposo cuanto tiempo se quiera,

UNED

procurando librarlo del contacto del aire mediante una clausura hermética de los agujeros ú orificios por donde se le introdujo en ellas, para impedir que se agrie.

—Hemos hablado ya—dijo Don Juan, dirigiéndose á Julio—de la fabricación de la cerveza y del vino, que son dos bebidas de las llamadas alcohólicas por entrar el alcohol en mayor ó menor cantidad en ellas; dinos ya de una vez qué otras hay de la misma clase.

—Son tantas—contestó Julio—, que me sería imposible nombrarlas todas, empezando porque no conozco sino unas cuantas de las más conocidas en nuestro país.

»Una de ellas es la *sidra*, que se obtiene de la fermentación del zumo de las manzanas, y que es bebida muy general en Vizcaya, Asturias y otras de nuestras provincias del Norte en que abundan las manzanas y escasean ó no son buenas las uvas. También se fabrica en esas mismas comarcas, aunque en menor cantidad, otra bebida haciendo fermentar el jugo de las peras. En varios países de Europa se fabrican bebidas alcohólicas muy fuertes por la fermentación de los jugos de las cerezas, grosellas y otras frutas. En Méjico se usa mucho entre los indios y gente del pueblo una bebida, llamada *pulque*, producida por la fermentación del jugo del *heniquen* ó *jeniquen*, planta de que hay muchas variedades y que se cultiva muy en grande escala en Yucatán para utilizar como substancia textil las hebras que se obtienen machacando sus pencas.

Máquina de prensar manzanas.

»Del arroz, del maíz, de la avena, del centeno y de otros cereales, se hacen también bebidas alcohólicas, y del agua azucarada, á que suele agregarse otras substancias, la bebida llamada *chicha* en varias comarcas de la América española. Del jugo de la caña de azúcar, ó más generalmente de las mieles de purga del azúcar de caña, se obtiene el aguardiente de caña ó *ron*...

—Pero esa bebida no puede clasificársela junta con el vino, la sidra y la cerveza—dijo Don Juan—, sino con los aguardientes y alcoholes, porque para obtenerla hay que destilar en el

UNED

alambique el licor alcohólico que se obtiene de la fermentación de la miel de purga, mezclada con agua.

—Sí, señor—contestó Julio—; y también por destilación se obtienen algunas otras de las bebidas alcohólicas que he citado.

—Pues acaba ya de una vez explicando por encima en qué consiste la destilación

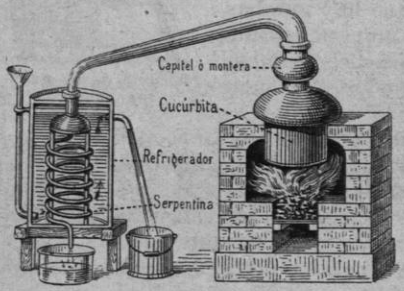
—La destilación tiene por objeto—dijo Julio—separar el alcohol del agua con que está mezclado en el vino y en otros líquidos que lo contienen.

»Se funda esa operación—continuó diciendo—en la propiedad que tiene el alcohol de hervir á menor temperatura que el agua.

—Lo que se expresa en menos palabras diciendo que es más volátil—dijo Don Juan.

—Siendo el alcohol más volátil que el agua — dijo Julio—, al hervir un líquido compuesto de alcohol y agua, los vapores que se produzcan estarán más cargados de la primera de esas substancias que de la última; de modo que si se les reduce al estado líquido por enfriamiento, se obtendrá un líquido más alcohólico que el que se sometió á la ebullición. Ese es el fundamento del *alambique ó alquitara,* aparato del que hay infinitos modelos y sistemas, tan ingeniosos algunos, que producen un líquido del grado alcohólico que se quiera.

»El más sencillo de ellos se reduce á una vasija cerrada, de cuya parte superior sale un tubo que acaba, después de un trayecto más ó menos largo, en un serpentín que, atravesando por un depósito de agua fría, condensa los vapores contenidos en su interior y los conduce al punto en que se les recoge.



Alambique sencillo.

—¿Y no hay alcohol puro que no contenga ningún agua?—pregunté.

—Sí; y se le conoce por el nombre de *alcohol absoluto ó alcohol anhidro;* pero se le con-

serva muy difícilmente en tal estado, por ser materia avidísima de agua, y que, á falta de otra, se apropia la que en forma de vapores invisibles se encuentra en el aire. Los líquidos llamados generalmente *alcoholes* ó *espíritus de vino*, no están constituídos por alcohol puro, sino más ó menos hidratado ó mezclado con agua.

CAPÍTULO XL

Las plantas leguminosas.

—Después de la excursión que hemos hecho por los campos de la Química y de la Física al tratar de la fabricación del pan, del vino, del alcohol y de la cerveza, volvamos á la Agricultura, y hablemos de las plantas llamadas *leguminosas;* pero ya que he mentado las palabras *física* y *química,* dime tú, Julio, ya que estás todavía en el uso de la palabra, cuáles operaciones de las que hemos tratado son físicas, y cuáles químicas. Si has puesto atención á las explicaciones que muchas veces os he hecho, no debes titubear un momento en contestarme.

—*Físico,* en general—contestó Julio—, es cuanto se refiere á la materia; pero restringiendo la acepción de esa palabra á que no comprenda sino los fenómenos en que la materia no cambia en su constitución íntima ni en sus propiedades, le contestaré á usted diciéndole que la destilación es una operación física, y la fermentación, química.

—¿Y por qué?—le preguntó Don Juan.

—Porque en la *fermentación* cambia absolutamente la constitución de la materia, transformándose el *azúcar,* que es una substancia bien definida y que posee aspecto y propiedades suyas propias, en *alcohol,* que es otra materia absolutamente distinta de ella; mientras que en la *destilación* no hacemos sino separar el agua y el alcohol que están mezclados, pero sin que

UNED

cambien ni una ni otra substancia de naturaleza, pues el alcohol sigue siendo alcohol, y el agua, agua.

—Perfectamente—dijo Don Juan—. Y la fabricación del pan ¿es operación física ó química?

—Hay de todo en ella. El amasar la harina mezclada con agua, lo mismo que el moler el trigo, son operaciones que, todavía mejor que físicas ni químicas, deben llamarse *mecánicas*, porque los agentes que intervienen en ellas son fuerza y movimiento; la acción de la levadura en la masa es una operación *química*, porque hay fermentación y, por consiguiente, transformación de materia en su constitución íntima; y el cocimiento de los panes en el horno es operación *física*, porque se reduce á la acción del calor, que entra de lleno en el dominio de la Física.

—Está bien; veo que te has hecho cargo de mis explicaciones. Háblanos ahora del cultivo de las plantas leguminosas.

—Las plantas leguminosas son innumerables. Tienen largas raíces, que penetran profundamente en el suelo, y muchas ramas, muy abundantes en hojas que pueden utilizarse como forraje seco para el ganado.

»Las más importantes en la agricultura son las alubias, habichuelas, judías ó frijoles, que por esos nombres y muchos más son conocidas, las lentejas, el altramuz, el garbanzo, las habas y los chícharos, arvejas ó guisantes, de todas las cuales hay infinitas variedades. También la alfalfa y el trébol son plantas leguminosas; pero no se las cultiva por sus granos, sino como hierbas de prados artificiales.

»La lenteja esquilma mucho la tierra cuando se la cultiva por sus granos y no para forraje.

»Suele sembrársela en el mismo terreno en que acabó de cosecharse trigo, cebada ó avena, cuando hay el propósito de estercolarlo después. La siembra se hace en surcos ó líneas cruzadas para poder emplear el arado cultivador en las escardas y para calzar las plantas durante su crecimiento. Las hojas y tallos pueden utilizarse secos para forraje de invierno.

»Cuando se la siembra con el fin de obtener forraje verde, se esparce al vuelo la semilla y se siegan las plantas antes de florecer, en el cual caso no empobrecen la tierra, sino que la disponen muy bien para recibir trigo, cebada, avena ó cualquiera otro cereal.

»Se siembra el altramuz por fin de Setiembre, en primave-

UNED

ra ó acabado de cosechar el trigo, siempre que no pase de Julio La siembra se hace siempre al vuelo, pero más espesa cuando el objeto de ella no es recoger el grano de la planta, sino utilizar ésta como pasto ó como abono, para cuyo último objeto es de valor grandísimo, enterrándosela con el arado al tiempo de su florescencia.

»El grano de altramuz es poco apetecido por hombres y animales á causa de su amargura. Lavado primero y reducido después á harina, puede comérsele sin repugnancia. En el Piamonte y en Valencia lo consume el pueblo, y en tiempo de los romanos solía utilizarse su harina para alimento de los siervos.

»Los garbanzos quieren terrenos secos y ligeros. Se les siembra al vuelo y en líneas, en primavera y á principios de otoño; pero la mejor siembra es la de otoño. Conviene calzar las plantas durante su crecimiento.

»Sembrados con el objeto de enterrar las plantas como abono cuando estén en flor, como se hace en algunas comarcas de fuera de España, enriquecen el terreno, pero lo esquilman como las demás leguminosas cuando se hace la siembra para cosechar el grano.

»También se utilizan sus plantas como forraje de invierno, segándolas en verde.

»De la habichuela ó judía hay infinitas variedades. Le convienen tierras ligeras, desmenuzadas y substanciosas, en particular á sus variedades de enrame. Como planta que es originaria de países meridionales, conviene sembrarla cuando no se esperen ya hielos ni nieves y pueda cosechársela antes de los primeros fríos.

»En algunas partes de España se la siembra junta con el maíz, para que los tallos de éste le sirvan de enramada.

»Se la emplea también como abono y como planta de prado artificial, lo mismo que las demás leguminosas.

»De las habas hay también muchísimas variedades. Se hace la siembra en otoño ó en primavera. Como abono, enterrando su planta en flor, es estimadísima. Los antiguos romanos y los griegos la utilizaban con ese objeto, lo mismo que el altramuz, y los agricultores modernos franceses é ingleses proclaman su excelencia como abono de suelos ingratos y arcillosos.

»El chícharo, arveja ó guisante es más planta de huerta que

de gran cultivo. Hay de él variedades que exigen enramadas en que apoyarse y otras que no las necesitan.

Arveja ó guisante.

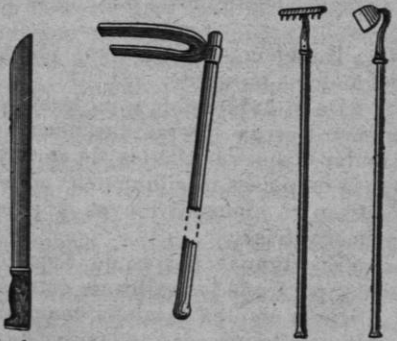
»Se siembran en primavera y en otoño, y exigen terrenos buenos y bien preparados. Cosechados en grano empobrecen mucho el terreno, pero lo benefician enterrados en flor, como las demás legumbres.

—Por lo que veo—dije yo—, todas las plantas leguminosas son buenas para abonar la tierra si se las entierra en flor, y todas las esquilman si se las deja granar.

—Sí, señor—me contestó Julio—; todas ellas son buenos abonos, porque tienen la propiedad de asimilarse por sus hojas en gran cantidad el ázoe de la atmósfera. En general, casi todas ellas, ó muchas de sus variedades, por lo menos, más son plantas de huerta que de labor en grande. Aun aquellas que suelen cultivar los labradores necesitan regadío en los más de los casos y ser bien calzadas ó aporcadas para contrarrestar su tendencia á crecer, que obligaría á buscarles un apoyo que en el cultivo en grande no es posible darles.

—Basta ya de legumbres—dijo Don Juan—y dinos algo de esas plantas que se cultivan para utilizar sus raíces.

Pero no devolveremos la palabra á Julio sin decir por nuestra cuenta, ya que habló él incidentalmente de las plantas de huerta, que el cultivo de las huertas, ú *horticultura*, sólo difiere del cultivo en general en ser siempre de regadío y en hacerse sobre pequeñas porciones de terreno, prestándose, por consiguiente, á minuciosidades y cuidados imposibles de practicar en el cultivo en grande escala.



Machete común. Almocafre. Pequeños rastrillo y azada para horticultura y jardinería.

Los instrumentos agrícolas de gran tamaño y movidos por

animales ó por motores mecánicos no tienen aplicación á la horticultura, pero sí las *azadas, azadones, palas, hoces, cuchillos* y *tijeras de podar,* y otros semejantes, así como el *almocafre,* el *machete* y otros aplicables también á jardinería y arboricultura. Los grabados de la página anterior representan algunos de ellos.

CAPÍTULO XLI

De las plantas que se cultivan por sus raíces.—Del azúcar y su fabricación.

—Las papas ó patatas, los boniatos, los nabos, las remolachas, los ñames, la yuca, los rábanos, las zanahorias y muchas plantas más, pertenecientes á diversos climas y regiones, y de las que hay multitud infinita de variedades, se cultivan para aprovechar sus raíces.

Papa ó patata.

—Has nombrado unas cuantas de que no había oído hablar en mi vida—dije.

—Sin duda lo dirá usted por los ñames y la yuca—me contestó Julio—. Yo tampoco las conozco sino de nombre; pero sé que son plantas de grandísima utilidad en las regiones cálidas de América, y todavía en mayor medida los boniatos, de los cuales la batata es una de tantas variedades. En Europa, los más importantes de todos esos tubérculos son la papa ó patata y la remolacha: la primera como alimento, la segunda principalmente como primera materia para la fabricación del azúcar.

»Conviniendo en el cultivo de todas esas plantas que la raíz adquiera gran desarrollo, ha de preparárseles la tierra por me-

UNED

dio de labores profundas que la dejen bien mullida y desmenuzada.

»Por lo general, se siembran enterrando, ó pedazos de tubérculo que tengan algunas yemas ú ojos, ó tubérculos enteros; pero de cuando en cuando hay que hacer las siembras con semillas para renovar las buenas especies, que, plantadas de aquella otra manera, acabarían por degenerar. Haciendo una cuidadosa selección de la semilla, se han conseguido en menos de cien años especies de remolachas con el quince y diez y seis por ciento de su peso de azúcar, cuando las más ricas en ella sólo tenían antes el dos ó el tres.

»Los nabos se siembran al vuelo, como el trigo, pero cuidando de esparcir la simiente mezclada con otra tanta arena ó tierra muy seca, para que no nazcan demasiado espesas las plantas.

—¿Sabes tú cuáles son, de todas esas plantas que se cultivan para aprovechar sus raíces, las más importantes?—preguntó Don Juan.

—Indudablemente la papa y la remolacha—contestó Julio—, porque la primera de ellas es hoy casi artículo de primera necesidad en la alimentación del pueblo de Europa, y la última es después de la caña dulce, y hasta quizás antes que ella en nuestros días, la base de la fabricación del azúcar.

—En Europa, seguramente tienes razón al decir que la papa y la remolacha son los más importantes de esos vegetales por que te he preguntado; pero no así en América, donde toda el azúcar que se consume, que es muchísima, procede de la caña, como también sucede en Asia, y donde sustituyen con ventaja á la patata muchos otros frutos, de los cuales los *plátanos* y los *boniatos* son los más comunes, á los cuales hay que agregar la *yuca*, planta de cuya raíz se sacan el *casabe* y el almidón que se usa en la América tropical.

—Son plantas y productos ésos que yo no conozco, y de los que le agradecería nos diera algunas noticias—dijo Julio.

—Voy á dároslas—contestó Don Juan.

»Los boniatos, que juntamente con los plátanos y el arroz son artículos de primera necesidad entre el pueblo campesino de Cuba y de otras comarcas cálidas de América, en que se hace poquísimo consumo de pan de trigo, se plantan enterrando pequeños trozos de su tallo ó bejuco por uno de sus extremos,

UNED

los cuales bejucos se extienden y entrelazan, cubriendo en breve tiempo el terreno de una alfombra de verdura que impide absolutamente que nazca en él ninguna otra planta, pues el boniato es una planta rastrera cuyos tallos ó bejucos, que llevan muchas y anchas hojas, se extienden muchísimo.

»El refrán allí corriente de «el boniato en lodo y la yuca en polvo», y que se refiere exclusivamente á la siembra, ya indica que la del boniato debe hacerse cuando esté el terreno húmedo por alguna lluvia reciente. Cuando no, se le planta á «boca de botija», como allí se dice, abriendo con una estaca un hoyo, y llenándolo del agua que se lleva en una botija, al enterrar en él el bejuco.

»Hay de ese tubérculo multitud de variedades, cuales son el boniato *camareto,* de bejuco morado y carne amarillenta, que produce á los tres meses; el *Antonio Díaz,* de bejuco blanco y carne del mismo color, que tarda sólo dos meses en producir; el *morado, brujo* ó *cuarenteno,* de bejuco morado, que produce á los cuarenta días; el *yema de huevo,* de bejuco verdoso y carne amarilla; el *cachuzudo,* de bejuco blanco y carne del mismo color; la *batata,* de bejuco blanco y carne amarillenta; la *batata blanca,* igual á la anterior, pero de carne blanca; y algunas variedades más.

»Otra planta muy conocida en los trópicos de América y Africa es la que lleva en Cuba, Santo Domingo y otras regiones de América el nombre, allí indígena, de *yuca,* de la raíz de una de cuyas variedades previamente rallada se confecciona el *casabe,* especie de torta de que se hace allí gran consumo, y que hacía las veces de pan entre los naturales de aquellos países en el tiempo del Descubrimiento.

»Se siembra de estaca, enterrando trozos de á palmo del *cangre* ó tallo de la planta, el cual es de contextura semileñosa y tiene como dos varas de altura, aunque algunas de sus variedades son más pequeñas.

»Muchas son las que hay de esa planta, pero encerradas en dos grupos generales: la *yuca agria* y la *dulce,* de las cuales la última se consume como cualquiera otro de los frutos conocidos allí por el nombre genérico de *viandas,* mientras que la primera, que no puede comerse inmediatamente por tener la raíz venenosa, es, sin embargo, la que se emplea en la fabricación del casabe, por ser la de más rendimiento y por ofrecer la no-

table singularidad de perder su veneno cuando se le ha extraído el almidón que contiene, y que es generalmente usado en aquellos países.

—¿Y cómo se fabrica ese pan llamado *casabe?* ¿Acaso como el de trigo?

—No, señor. Lo primero que se hace es rallar la raíz de la yuca agria, bien por los medios comunes y corrientes, bien frotándola con la piel de un pez de los mares tropicales llamado *lebisa,* cuya aspereza la hace apropiada á esos y otros tales usos. Después de rallada la raíz de la yuca, se la exprime, y la *cativia,* que es la substancia que queda después de separada la *naiboa* ó jugo, se cuece primero de un lado y después del otro, extendiéndola y comprimiéndola con una paleta ó tablilla llamada *cuisa,* en la pieza redonda de losa ó de barro cocido colocada sobre el *burén* ú hornillo especial que para el caso se emplea.

Plátano ó banano.

»De la *naiboa* ó jugo que se obtiene de rallar y exprimir la raíz de la yuca agria, jugo que es venenoso, como he dicho, se hace el almidón, substancia que puede sacarse de mil otros vegetales, pues todos ellos, en mayor ó menor cantidad, la contienen. El que en Europa se usa suele extraerse de la harina de los cereales ó de las féculas de las papas ó patatas y de otras substancias vegetales, como las castañas.

»No quiero hablar ahora del plátano (no del árbol conocido aquí por ese nombre, sino del que lo lleva en la América española, y que algunos, imitando á los franceses, llaman *banano),* y que es quizá la planta alimenticia de más utilidad de cuantas se conocen, pero que no pertenece al número de las que se cultivan para aprovechar sus raíces, que son de las que es-

UNED

tamos tratando; pero ya habrá ocasión de hablar de ella.

»Ahora, ya que hemos tocado el punto de fabricación del azúcar al tratar de la remolacha, ¿quieres darnos una idea de esa industria?—dijo Don Juan á Julio—. Ante todo—añadió—, ¿qué aplicaciones tiene el azúcar? ¿Es un artículo de grande ó de pequeña importancia?

—El azúcar—contestó Julio—se aplica á la confitería, á la repostería y á mil industrias relacionadas con ellas, y su importancia en el mundo moderno es tanta ó casi tanta como la del pan.

—No tanta—dijo Don Juan—, pero sí grandísima. Por lo pronto, como substancia nutritiva es de primer orden; no una golosina superflua, como creen muchos. Hoy se toma como medida de la prosperidad y riqueza de los pueblos la cantidad de azúcar que consumen. En Inglaterra se calcula que cada individuo consume al año ochenta y siete libras; más de quíntuple que en Francia y más de quince veces que en España.

—¡Qué barbaridad!—exclamó Julio—. ¡Ochenta y siete libras al año viene á ser muy cerca de un cuarterón al día! Los ingleses se pasarán la vida atracándose de dulces; deben de tener los dientes perdidos.

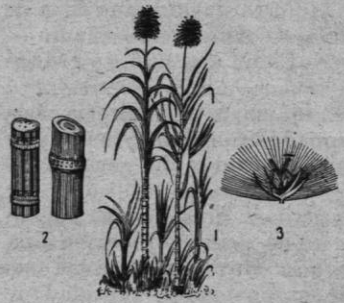
—¿Pero te imaginas tú que el azúcar sólo se consume en golosinas? Sabida la cantidad total de azúcar que se produce y que entra en un país, y dividida esa cantidad por el número de habitantes que lo pueblan, se saca la que cada uno de ellos consume; pero no entiendas que toda esa azúcar se invierta en fabricar dulces y confituras. Una parte se dedica á endulzar el té, el café y otras bebidas; otra, á la licorería; otra, á la fabricación de mil productos, como leche condensada, carnes en conserva, y muchísimos más, difíciles de recordar; otra se llevan la confitería y la pastelería; otra, la droguería y la farmacia...; pero sigamos adelante, y dinos cómo se fabrica el azúcar.

—Hoy se obtiene industrialmente de muchos vegetales; pero los más importantes de ellos, y de donde sale casi toda la que se consume en el mundo, son el tallo de la caña dulce y la raíz de la remolacha.

»La caña dulce pertenece, como el trigo y demás cereales, á la especie de las gramíneas, y hay de ella multitud inmensa de variedades; pero todas exigen cierto grado de calor y de

UNED

humedad que sólo se encuentran juntos en regiones de la tierra no muy apartadas de la zona tórrida. En España hay una estrecha y pequeña faja de tierra en la costa de Málaga en que vive esa planta, aunque trabajosamente y á fuerza de cuidados.



Caña de azúcar: 1, planta; 2, trozos de caña; 3, güin ó espiguilla.

—¿Qué longitud tiene la caña?—pregunté.

—Varía mucho, según tengo entendido.

—Tanto—interrumpió Don Juan—, que hay variedades que tienen poca más altura que un hombre, como la que llaman en Cuba *criolla,* que es la que se llevó de España á Santo Domingo en el tiempo del Descubrimiento, pues no existía esa planta en América; y las hay como las llamadas *cristalina,* de *cinta, morada* y otras introducidas posteriormente en América, y que son las únicas que hoy se emplean allí en la fabricación del azúcar, las cuales alcanzan hasta cinco varas, y á veces más, de altura, y cuyos tallos tienen por la parte más gruesa, que es la de abajo, hasta cerca de tres pulgadas.

—¿Y cómo se cultiva la caña?—pregunté.

—También de muy distintas maneras, según el clima y el terreno. En la costa de Málaga es planta de regadío que exige grandes atenciones; pero en Cuba y demás regiones de la América tropical, y en Asia y Oceanía, se la cultiva de secano y sin cuidado ninguno, si no quiere concedérsele.

—Exige tan pocas atenciones—dijo Don Juan—, que una de las maneras que tienen en Cuba de plantarla se reduce á abrir agujeros en el suelo con una estaca puntiaguda que llaman allí *jan,* y enterrar en cada uno de ellos un trozo del tamaño que quepa, y dejar después que crezcan y se desarrollen espontáneamente las plantas hasta que llegue el tiempo de cortarlas. Otras veces se hacen pequeños hoyos de un palmo de hondo con la azada ó *guataca,* como allí dicen, y se meten en cada hoyo uno ó dos pequeños trozos de caña, que se cubren con la misma tierra que se sacó al cavar los hoyos.

»Pero esos sistemas sólo se practican—prosiguió diciendo

Don Juan—en los terrenos nuevos y nunca antes sembrados ni labrados, y donde no hay hierbas perjudiciales. Los terrenos ya trabajados hay que ararlos y surcarlos, y la siembra se hace en ellos tendiendo cañas enteras, y muchas veces dobles, unas á continuación de otras, en los surcos, ó trozos de ellas separados por intervalos, que llaman allí *narigones*.

—¿Y qué distancias median entre los surcos?—pregunté yo á Don Juan.

—Lo más común es—me contestó—que se dejen de seis á siete cuartas entre ellos, porque los labradores buscan que se cierre pronto el cañaveral, para evitarse chapeos ó desherbos; pero en buenas prácticas agrícolas no deben mediar menos de ocho cuartas, más bien más que menos, entre surco y surco, siendo también muy buena práctica la de dejar otra tanta longitud á los narigones, ó sea á los trechos que en cada surco separan entre sí á los trozos de caña, con dos objetos: el primero, para procurar á cada cepa el espacio de tierra y de aire necesarios para que se desarrolle en libertad y en buenas condiciones; y el segundo, para facilitar las labores de desherbo, haciéndolas con pequeños arados cultivadores ó aporcadores, que remueven la tierra de paso que la escardan, evitándose los chapeos á machete, siempre caros y poco eficaces.

—¿Y tarda mucho en crecer la caña?—pregunté.

—Un año ó trece meses próximamente. Las siembras se hacen en Cuba todo el año: las de sus cinco primeros meses se llaman «de primavera», las de sus cuatro últimos «de frío», y las restantes «de medio tiempo». Las mejores siembras son las de frío, porque tienen las cañas tiempo bastante para haber madurado y adquirido todo su desarrollo al tiempo de la molienda; las peores son las de primavera, porque aun molidas al final de la zafra (que dura de Diciembre á Mayo ó Junio), no pueden estar en perfecta sazón.

—¿En qué se conoce que la caña está en sazón?—pregunté de nuevo.

—En que florece ó *agüina*, como en Cuba se dice, coronándose el tallo de una especie de pluma ó penacho de color ceniciento, llamado *güin*. Desde que agüina, comienza á perder jugo la caña. Por eso, los años en que la vegetación se adelanta y agüinan temprano los cañaverales, son cortas las cosechas, lo que se dice en Cuba en el conocido refrán: «año de güin, año ruin».

UNED

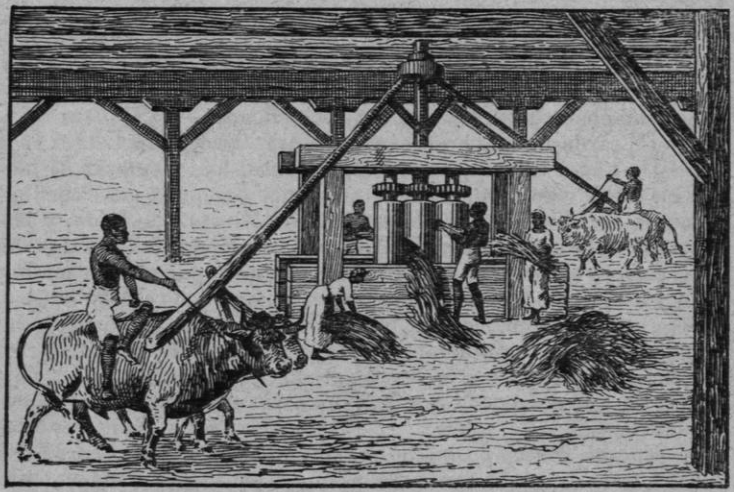
—¿Y hay que sembrar anualmente la caña?—volví á preguntar.

—¡Cá! La caña, después de cortada, retoña y vuelve á crecer, aunque nunca tanto como recién plantada; suceso que se repite el año siguiente y los sucesivos. Hay cañas de siete, ocho y diez cortes, y, aunque raros, se citan casos de cañaverales de veinte y treinta cortes. Pero sigue tu explicación, Julio.

—Las cañas—dijo éste—se cortan cuando llega el tiempo de molerlas, y se llevan á las máquinas destinadas á hacer ese trabajo, las cuales consisten en rollos ó cilindros de hierro, entre los cuales pasan y son exprimidas.

Machete de cortar caña.

Tomaremos aquí por un momento la palabra para llamar la atención de nuestros jóvenes lectores sobre los grabados siguientes, que representan *trapiches*,

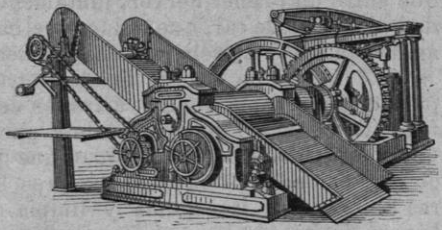


1.—Fabricación del azúcar.

ó sea molinos para exprimir la caña. Del número 1 apenas subsisten ya ejemplares, como no sea en algunas pequeñas ex-

UNED

plotaciones del Sur de los Estados Unidos. Los cilindros laminadores ó *mazas* son verticales, yendo la llamada *mayor* en el centro y transmitiendo su movimiento de rotación á las otras por medio de las ruedas dentadas ó *coronas* montadas en sus ejes. Los palos largos que parten de lo alto del eje de la *maza mayor* y á cuyos extremos se amarran las tiraderas que van á sujetarse á los yugos de los bueyes que mueven todo el aparato, se llaman *majarrias*. Esta clase de máquinas eran antiguamente las únicas llamadas *trapiches*, reservándose el nombre de *ingenios* á las movidas por agua y no por fuerza animal; pero hoy se ha generalizado el nombre de *trapiche*, aplicándosele á toda máquina de moler caña, sea cualquiera la fuerza motriz que la impulse.



2.—Fabricación del azúcar.

El grabado que lleva el número 2 es un trapiche de cilindros ó mazas horizontales movido por vapor, pudiéndose ver en la misma figura, allá en el fondo, el balancín y el volante de la máquina motora. Esta transmite, por medio de piñones y grandes ruedas dentadas (llamadas *catalinas*), el movimiento de rotación de la máquina á la *maza mayor*, que se lo comunica á su vez á las otras por medio de ruedas dentadas, también llamadas *coronas*, que llevan montadas todas ellas en los extremos de sus ejes (y que no se ven en la figura por caer del lado de allá del trapiche).

El número 3 es una proyección vertical del mismo trapiche

3.—Fabricación del azúcar.

descrito, provisto de sus *conductores* de caña y de *bagazo* (residuo de la caña después de exprimida), que no se representaron

en la figura anterior por no complicarla. La misma máquina que mueve los cilindros ó mazas del trapiche mueve también los conductores mediante cadenas sin fin que agarran en ruedas provistas de uñas montadas en los ejes de los cilindros y en los de los tambores ó ruedas motrices de los mismos conductores.

Pero hora es ya de devolver la palabra á Julio.

—El jugo ó *guarapo*—prosiguió diciendo—cae en un depósito, de donde corre por su propio peso ó es elevado por bombas ó cualquiera otro artificio á las *defecadoras* ó *clarificadoras,* en que sufre un primer hervor, juntamente con una pequeña cantidad de agua de cal, que reduce y elimina varios de los cuerpos ácidos que hay mezclados con el azúcar en el zumo de la caña.

»El líquido de las clarificadoras pasa por decantación, después de un rato de reposo, á través de un orificio que hay en el fondo de ellas, á las calderas de evaporar, donde generalmente vuelve á echársele la cantidad que pueda necesitar de agua de cal, y donde, en caso de hacerse la evaporación en calderas abiertas, se le espuma y limpia constantemente mientras hierve, hasta que llega á punto de azúcar, bien en la última de esas calderas, llamada *tacho de punto,* que es la que recibe directamente la acción del fuego (pues las calderas suelen disponerse agrupadas en *trenes* de tres ó cuatro de ellas, una tras otra, calentadas por el fuego que se enciende bajo la última), bien en otra caldera aparte, siempre en todo caso llamada *tacho,* que en muchísimos ingenios suele ser cerrada, calentada por tubos, serpentines ó dobles fondos en que circula vapor, y estar privada en su interior de aire y de los vapores que van produciéndose, por medio de bombas que los extraen y que tienden á hacer el vacío en el interior de ella.

—¿Y á qué viene eso?—le pregunté.

—Se ha observado—me contestó Julio—que la alta temperatura á que hierve la meladura en el último período de la evaporación, ocasiona la descomposición de una parte del azúcar, y se ha puesto remedio á ese inconveniente verificando esa parte de la evaporación á la temperatura más baja que corresponde á la menor presión que la aspiración de las bombas produce en lo interior del tacho; porque es ley física muy conocida la de que los líquidos hierven á temperatura tanto más baja cuanto menor es la presión que experimentan sobre su superficie.

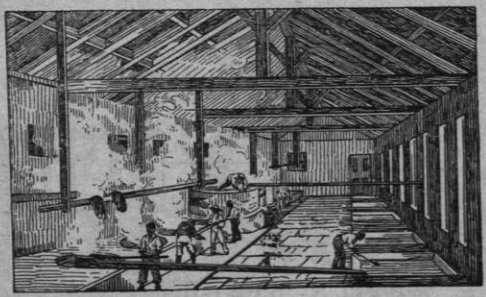
UNED

—Hace ya tiempo—prosiguió diciendo—que, con un fin más económico que físico, se ha extendido á toda la evaporación del líquido, desde que sale de las defecadoras, el sistema de verificarla en calderas cerradas y con presión reducida.

—¿Y que economía produce ese sistema?

—Por lo pronto, ninguna, sino todo lo contrario—me contestó Julio—, porque los aparatos de doble, triple ó múltiple efecto, como se llaman los usados en ese sistema, son carísimos; pero á la larga, y muy pronto cuando se trabaja en grande, hay gran economía de combustible en evaporar de ese modo, porque sólo hay que calentar el líquido de la primera de las calderas, sirviendo el vapor que sale de ella para calentar el líquido de la segunda, y el vapor de ésta para calentar el líquido de la tercera, y así sucesivamente. Para conseguir ese resultado es preciso escalonar de modo tal las presiones en lo interior de esas calderas, que hierva el líquido á más alta temperatura en la primera que en la segunda, y en ésta á mayor que en la tercera.

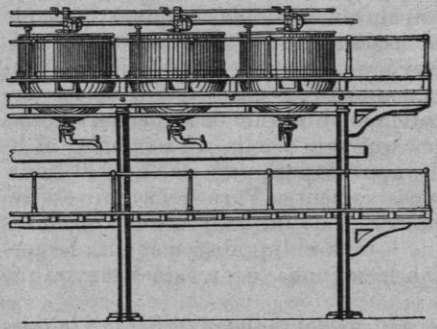
»Después de extraída el azúcar del tacho, ó de *botada la templa*, como en Cuba se dice, sólo falta separarla de las mieles que hay mezcladas con ella; operación que se hace, bien en hormas, bien en *centrífugas*, ó tambores de paredes de malla metálica, que giran rapidísimamente dentro de otros tambores que reciben las mieles que salen escupidas á través de las mallas de los primeros, y las mandan por tubos á los depósitos destinados á recibirlas.»



4.—Fabricación del azúcar.

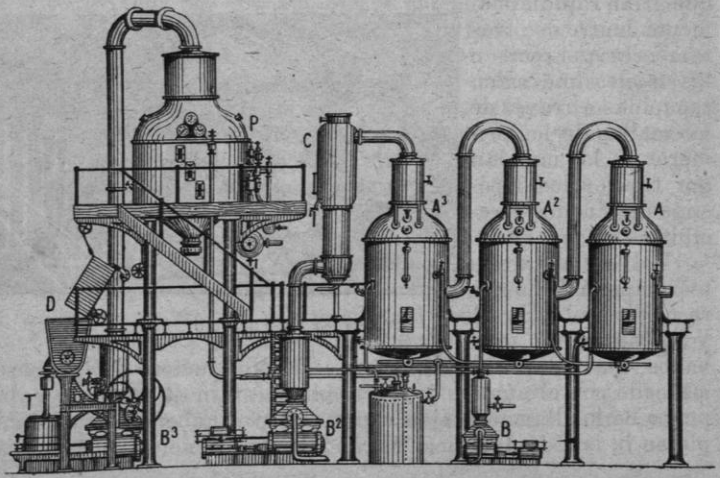
Volveremos á interrumpir á Julio para mostrar el adjunto y los siguientes grabados, que aclaran notablemente su explicación. El primero, marcado con el número 4, representa un tren de evaporar y dar punto de los llamados «jamaiquinos», por haber tenido principio en la isla de Jamaica. Mirándolo con atención, pueden dis-

tinguirse, allá en el fondo, la *clarificadora,* adonde llega el jugo de la caña procedente de la máquina, y más acá el tren de calderas, de las cuales, la más en primer término, que es la última á que se transvasa el jugo que se está evaporando, es el *tacho de punto,* del cual se está sacando la meladura y mandándola, por medio de una larga canal de madera, al depósito ó *enfriadera,* que se ve, en fila con otros depósitos semejantes, arrimada á la pared de la derecha del espectador.



5.—Fabricación del azúcar.

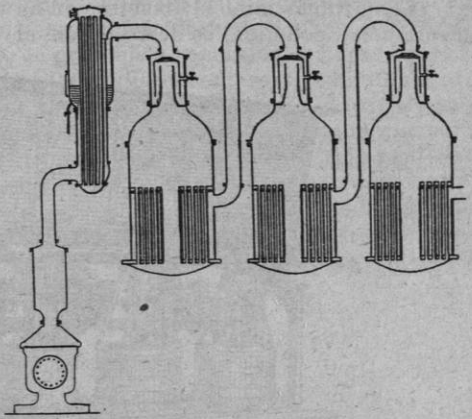
La figura 5 representa un tren moderno de *defecadoras,* calentadas por el vapor que se admite en sus dobles fondos, ó que circula por los serpentines de cobre que llevan dentro. Por los tubos que salen de sus fondos (y que se ven en la figura) se extrae el jugo ya clarificado.



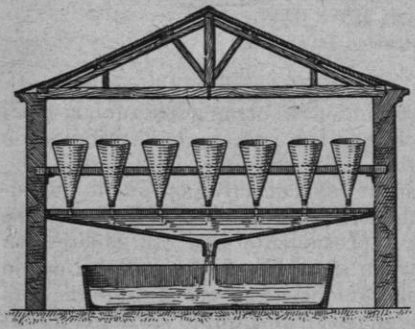
6.—Fabricación del azúcar.

UNED

En la figura 6 se representa un tren de evaporar de triple efecto, con sus calderas cerradas *A*, A^2 y A^3, calentadas por vapor; la pequeña bomba *B*, cuyo objeto es hacer el vacío en la segunda caldera, extrayendo los vapores procedentes de ella, y ya condensados, del aparato evaporador de la tercera; la otra bomba B^2, que extrae los vapores de la tercera caldera condensados en el condensador *C*; el *tacho de punto al vacío P*, con su correspondiente bomba B^3, que extrae de él, primero el aire, y después los vapores que se van produciendo. La figura 7 representa el tren de triple efecto y el condensador en corte para que puedan distinguirse en su interior las *calandrias* ó aparatos de evaporar.



7.—Fabricación del azúcar.



8.—Fabricación del azúcar.

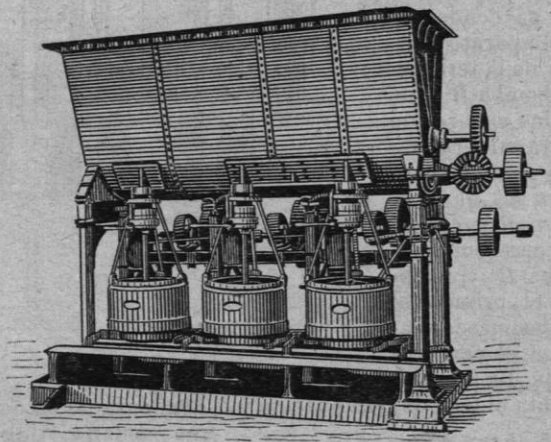
Las figuras 8 y 9 se refieren á la operación de purgar el azúcar. La primera de ellas representa el corte ó sección de una *casa de purga* en que se verifica ésta en hormas; la segunda, un tren de *turbinas* ó *centrífugas*, las cuales reciben el azúcar que ha de purgarse del gran depósito de arriba llamado *mezclador*, que, igualmente que las centrífugas, se ve en la figura señalada con el número 6.

—Esas mieles, mezcladas con agua y evaporadas de nuevo —continuó diciendo Julio—dan todavía azúcar, aunque de

UNED

inferior calidad, que, tratada de la misma manera que la primeramente obtenida, produce otras segundas mieles que pueden ser sometidas al mismo tratamiento que las primeras.

»Las últimas mieles, disueltas en agua y sometidas á la fermentación alcohólica, se destilan en el alambique y producen



9.—Fabricación del azúcar.

el llamado *aguardiente de caña,* que elaborado por procedimientos especiales y con agregación de otras substancias, es el llamado *ron,* principal ó uno de los principales artículos de comercio de la isla de Jamaica.

»El azúcar, tal como sale de las centrífugas, puede consumirse y se consume directamente; pero buena parte de ella se refina en fábricas montadas expresamente con ese objeto. En ellas se la vuelve á disolver en agua y se somete el líquido resultante á las mismas operaciones que en el ingenio, sin más diferencia que la de hacer pasar el líquido á través de filtros de carbón animal, ó sea de carbón de huesos, con objeto de decolorar absolutamente el producto.

—Y el azúcar de remolacha ¿se fabrica de la misma manera?—pregunté.

—Hay ciertas diferencias, no en la manera de evaporar y

UNED

dar punto de azúcar al líquido, sino en la de obtener y extraer este último de la planta. Hasta hace no mucho, se reducían primero las remolachas á una especie de pulpa menuda por medio de máquinas especiales, y se exprimía después ésta en prensas; pero de algún tiempo acá se prefiere el sistema de *difusión,* el cual se reduce, en principios generales, á hacer pasar á las remolachas, previamente divididas en trozos menudísimos, por grandes depósitos de agua, la cual va apoderándose de sus jugos hasta dejarlas completamente agotadas. El agua que sale del primero de esos difusores pasa al siguiente, que contiene remolachas más ricas en azúcar, donde se asimila nuevas cantidades de ella, y de ése á otro que las contiene todavía más sacarinas, y así sucesivamente. Desde el último de esos difusores, de donde sale el líquido ya cargado de gran cantidad de azúcar, pasa á las defecadoras.

CAPÍTULO XLII

Los prados.—Las plantas textiles.

—Basta de industria y volvamos á la agricultura—dijo Don Juan—. Explícanos, Julio, lo que son los prados naturales y los artificiales.

—Casi todas las tierras abandonadas á sí mismas—dijo Julio—se cubren de hierbas de diferentes clases. Esa vegetación espontánea sufre un período de suspensión en los países fríos durante los rigores del invierno, y renace vigorosamente al entrar la primavera. En los países cálidos, al contrario, continúa durante el invierno, y se detiene en los períodos de sequedad extrema y mientras dura el rigor del verano.

»Sin embargo, en muchas regiones templadas, pero constantemente húmedas, como en las de nuestra península ribereñas del mar Cantábrico, en Irlanda, Normandía, Bretaña, Holanda y otras, es constante el desarrollo de esa vegetación, que hace conservarse perennemente verdes sus campiñas.

UNED

»Esos campos cubiertos de esa variedad de hierbas son los que se llaman prados naturales.

»Las especies ó familias á que tales hierbas pertenecen, dependen del clima, grado de humedad y condición del terreno. Por lo general, muchas de esas hierbas son plantas gramíneas y leguminosas, conocidas por sendos nombres latinos entre los naturalistas.

»El cultivo de los prados naturales se reduce á arrancar de ellos las hierbas malas, á abonarlos con estiércol y á segarlos. De ellos se obtiene el heno, que se utiliza para alimento del ganado, y que es también artículo de comercio que se exporta en pacas fuertemente comprimidas por medio de prensas de cuña, de tornillo ó hidráulicas.

»El mismo nombre de prados artificiales está ya diciendo en qué se distinguen de los naturales. De las plantas que los forman, y que dicho se está que se siembran de todo propósito, hay unas, como la *lucerna*, la *alfalfa*, el *trébol*, la *spérgula*, la *retama* y otras, que fertilizan la tierra entregándole muchos de los principios nutritivos que toman ellas del aire; mientras que otras, como el centeno, la hierba de Guinea y algunas más, la empobrecen y esquilman.

La alfalfa.

—¿Y se suelta el ganado en los prados artificiales?—pregunté yo á Julio.

—Podría soltársele, como también en los naturales—me contestó—. No es el hecho de que se deje ó no pacer en ellos á los animales á su albedrío lo que establece la diferencia entre los prados naturales y los artificiales, sino el de dejar que produzcan las plantas que acierten á nacer en ellos ó el de hacerles producir las de que expresamente se les siembre. Pero contestando á su pregunta de usted, le diré que lo mejor para los prados no es soltar á los animales en ellos, sino irlos segando según se necesite, porque así duran más y se conservan mejor.

—Dinos algo sobre las plantas textiles, Julio—dijo Don Juan.

UNED

—En realidad—contestó Julio—, casi todas las plantas son textiles, porque la *celulosa,* que es la substancia de que salen los hilos, es común á todo el reino vegetal; pero sólo algunas se prestan á ser beneficiadas con ventaja. De ésas, las más usuales y conocidas en Europa, aunque sólo unas pocas son propias de ella, son el lino, el cáñamo, el algodón, el esparto, la retama, la ortiga, el ramio, el abacá, la pita y la majagua.

—Como sería muy largo que nos refirieras cómo se siembran y cultivan todas esas plantas, limítate á describirnos por encima el cultivo y tratamiento del lino, del cáñamo y del algodón.

—Del lino se utilizan principalmente el tallo, donde se encierran las fibras que constituyen su materia textil, y las semillas ó linaza, que, además de servir de medicamento, proporcionan un aceite muy usado en la pintura y en muchas industrias.

»La planta del lino es anual, exige terrenos fértiles y labores asiduas, y empobrece mucho la tierra, quitándole muchas de sus substancias minerales. Se la siembra al vuelo, casi siempre en primavera, y también á veces en otoño; pero las dos cosechas se hacen casi al mismo tiempo: el lino de otoño se arranca á principios de Junio, y á mediados del mismo mes, el de primavera. Cuando las plantas toman un color como de limón y empiezan á endurecerse, se hace la cosecha arrancándolas en tiempo seco y formando hacecillos de ellas que se depositan en tierra hasta que se sequen enteramente. Después se les quita el grano con un mazo ó frotándolas con la mano.

Lino.

Cáñamo.

»El cáñamo es también planta anual y mucho más robusta que el lino. No es hermafrodita, esto es, no hay en cada planta flores machos y hembras, sino que unas plantas llevan las unas y otras las otras, aunque los labradores suelen confundirlas, llamando machos á las plantas hembras, y viceversa. Los pies de cáñamo macho son tres veces menos numerosos que los pies hembras; crecen más pronto, y en el momento de florecer son más altos que los otros; pero después, los pies hembras si-

UNED

guen creciendo hasta superar á los machos, que se quedan detenidos en su desarrollo. Ese mayor tamaño y robustez de las plantas hembras es la causa de que las supongan machos erradamente los labradores.

»Requiere el cáñamo tierra buena, substanciosa y bien trabajada; debe sembrársele en primavera, cuando no haya ya temor de heladas ni grandes fríos; pero la conveniencia de que aproveche las lluvias de Marzo, hace que se le siembre generalmente temprano, aun á riesgo de perder la cosecha.

»Si se le destina á la fabricación de telas, debe sembrársele más espeso que si á la de cordelería, porque las plantas más débiles proporcionan hilos más finos y suaves; regla igualmente extensiva al lino.

»Arráncanse los pies machos, ó sea los que llaman hembras los labradores, de Julio á Agosto, y como seis semanas después los pies hembras. Después de arrancados, se les sacude para quitarles los cañamones, que así se llaman sus semillas, que son muy buen alimento para los pájaros y aves de corral.

»Lo mismo los tallos del lino que los del cáñamo han de ser sometidos á una especie de fermentación que pudra todas las materias leñosas que contienen y dejen al descubierto las fibras. Verifícase esa operación sumergiendo los tallos, agrupados en haces ó mazos, en albercas ó en agua corriente, aunque más generalmente en albercas, porque el enriado, que así se llama la operación dicha, no sólo produce emanaciones dañinas en el aire que hacen muy perjudicial á la salud la residencia próxima á los lugares en que se verifica, sino que corrompe las aguas y acaba con los peces.

»También se puede llevar á efecto esa fermentación tendiendo al aire, en la hierba, los tallos del lino ó del cáñamo hasta que la intemperie y los riegos, que lo más frecuentemente posible debe dárseles, pudran toda la materia leñosa; pero se invierte en ella sobre un mes, mientras que de la otra manera dura poco más de una semana.

»Acabada esa operación, se secan los tallos, bien al sol, bien aprovechando el calor que queda en los hornos de pan después de la cochura.

»Siguen, después de secos los tallos de lino ó de cáñamo, las operaciones de machacarlos y cardarlos, que se hacen con instrumentos sencillos: la *majadera, agramadera* ó *caballete*

UNED

(fig. 1.ª), nombres que significan una misma cosa; la *espada* y el *peine* (fig. 2.ª).

Todas esas maniobras se verifican también por medio de máquinas muy complicadas á veces. La figura 3.ª representa una muy sencilla de cardar cáñamo.

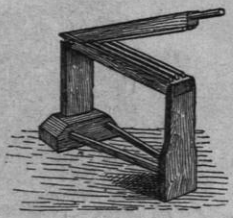


FIG. 1.ª

»En esas operaciones, de las cuales salen ya el lino y el cáñamo en disposición de ser hilados y tejidos, hay alguna merma de materia por los hilos cortos que quedan entre los dientes de los peines, y cuyo conjunto forma la substancia llamada *estopa,* parte de la cual puede aprovecharse para la cordelería.

—Ahora dinos algo del algodón, que es hoy, indudablemente, tanto por su abundancia como por su baratura, la primera materia textil de que dispone la industria—dijo Don Juan.

—Hay muchas especies vegetales productoras de algodón;

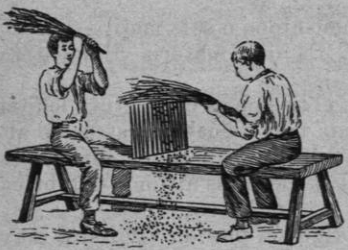


FIG. 2.ª

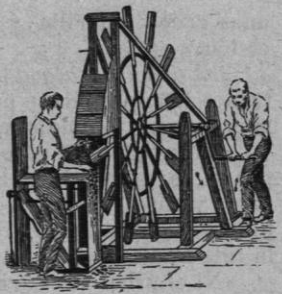


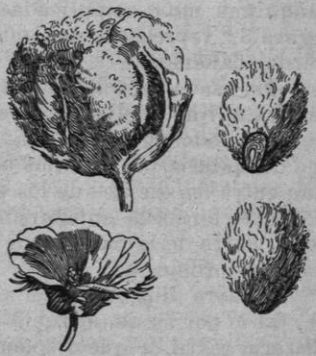
FIG. 3.ª

pero de ellas, sólo tres se cultivan en grande escala: la *hierba,* el *arbusto* y el *árbol* del algodón, de las cuales, la primera es la que da casi todo el que se recibe en Europa.

»La *hierba del algodón* es planta anual cuyo tallo se eleva poco más alto que la cintura, aunque á veces llegue casi á la estatura de un hombre; pertenece á la familia de las malvas y da unas flores grandes de color amarillo pálido, con una mancha purpurina en la base de cada pétalo, á las cuales suceden

unas cápsulas tamañas como avellanas, dentro de las cuales están las semillas, que son negras, envueltas en la materia

Algodón.—Planta.



Algodón.—Flor, cápsula y semilla.

unas veces amarilla y las más blanca que constituye el algodón.

»El *árbol del algodón* tiene como cinco ó seis metros de alto, tronco leñoso y flores purpúreas. Da una materia filamentosa muy larga y blanquísima.

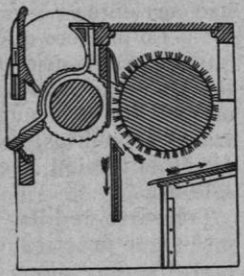
»El *arbusto del algodón* tiene el tronco de contextura leñosa por su parte inferior; alcanza hasta tres ó cuatro metros de altura, y entre sus variedades hay una que produce filamentos blancos, y otra que los da amarillos. De estos últimos se fabrica la tela llamada *nankin*.

»Ni el árbol ni el arbusto del algodón pueden vivir sino muy cerca de la zona tórrida; no así la hierba del algodón, que resiste algo más el frío, aunque requiere también para vivir desahogadamente países donde se sienta calor durante nueve meses del año por lo menos, conviniéndole también la cercanía del mar, á lo que se dice. Se la cultiva en las regiones cálidas de la India y la China, en el Egipto, en algunas islas del mar Mediterráneo y en las regiones cálidas de los Estados Unidos de América.

»Recogido el algodón, hay ante todo que separarlo de las semillas negras á que sirve de envuelta, operación que se hace, ó

UNED

muy lentamente con la mano, ó por medio de máquinas más ó menos complicadas é ingeniosas. Una muy sencilla se reduce á dos cilindros ó rollos como laminadores movidos por un pedal, que dan paso al algodón que se les presenta extendido en una tabla ó plancha, pero no á las semillas, que son demasiado gruesas para poder pasar entre ellos. Otra hay que consiste en una caja que tiene una de sus caras interiores erizada de púas, por entre las cuales pasan en su giro los dientes curvos de unas sierras circulares armadas sobre un cilindro unido á la caja. Esos dientes se apoderan del algodón introducido previamente en la caja, y lo van sacando fuera de ella por entre las púas, que, por estar separadas entre sí por sólo un octavo de pulgada, no dan paso á las semillas, las cuales quedan dentro de la caja.



Corte vertical de una máquina para limpiar, ahuecar y preparar el algodón.

»Separado por cualquiera de esos procedimientos el algodón de sus semillas, pasa á prensas, que en los Estados Unidos son por lo común hidráulicas, que lo reducen á pacas ó balas de veinte ó treinta arrobas de peso, en que se entrega al comercio.

»Todavía antes de ser hilado sufre el algodón más operaciones de limpieza y de carda, que se verifican por medio de máquinas armadas de peines, cepillos y cilindros giratorios erizados de púas metálicas.

CAPÍTULO XLIII

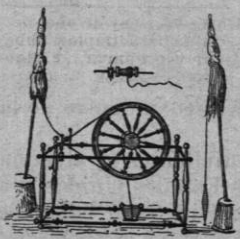
El huso, la rueca, el torno, las máquinas hiladoras y tejedoras.—El papel.

—Está bien—dijo Don Juan—. Pasemos por alto las muchas otras materias textiles de origen vegetal, muchas de las cuales se emplean en la China, la India y otros países del re-

moto Oriente para hacer tejidos finísimos; y siguiendo con las de que hasta ahora hemos venido tratando, dinos, Julio, qué se hace con ellas hasta dejarlas convertidas en artículos de uso corriente.

—Lo primero que hay que hacer con esas materias, sean las que quieran—dijo Julio—, es hilarlas, porque sus filamentos son demasiado cortos y demasiado débiles para poder formar un hilo continuo. La operación de hilar consiste en reunir varios filamentos, haciéndolos que se adhieran entre sí por medio de la torsión, y empalmarlos unos con otros para formar un solo hilo.

»El arte de hilar es antiquísima, y se ha practicado siempre, y se sigue practicando todavía, con el huso y la rueca ó con la rueca y el torno de hilar, únicos procedimientos que se usaban hasta hace poco más de ciento treinta años, en que un obrero inglés que no sabía leer, llamado Hargreaves, inventó la máquina, á que puso por nombre *Jenny,* que era el de su hija; máquina aplicable al algodón solamente.



2 1

1, huso ó rueca; 2, torno de hilar.

»Poco después, otro sujeto llamado Arkwright, tan ajeno como el otro á la Mecánica, pues era barbero de profesión, inventó otra máquina muy superior á la Jenny, y también sólo aplicable al algodón, que con diversas mejoras y modificaciones que han ido haciéndosele, es la que hoy se usa en las grandes fábricas.

—¿Y por qué no sirven esas máquinas para hilar otras materias?—preguntó Don Juan.

—Porque la contextura de las fibras del algodón es muy distinta de las del lino y el cáñamo, lo que fué causa de que no tuvieran éxito los ensayos que se hicieron para hacer extensivas á la filatura de esas últimas materias las máquinas que ya llevaban años empleándose en la de la primera. Las fibras del lino y del cáñamo, vistas con el microscopio, se presentan en forma de largos tubos redondos, separados ó divididos de trecho en trecho, mientras que las del algodón parecen tubos planos ó aplastados, sin divisiones, y ligeramente torcidos sobre sí mismos. Además, de los filamentos del algodón entran unos

UNED

setenta en milímetro, en tanto que de los del lino sólo entran cuarenta, y de los del cáñamo no más que veinticinco.

—¿De modo—pregunté yo—que el lino y el cáñamo no pueden hilarse sino con la rueca y el huso ó con la rueca y el torno de hilar?

—No—me contestó Gonzalito—; como cuarenta años después de inventadas las máquinas de hilar el algodón, un francés, hombre muy rico y de mucho ingenio, llamado Felipe de Girard, inventó una máquina para hilar el lino y el cáñamo, que con posteriores modificaciones que se le han ido introduciendo es la que está actualmente en uso; pero no puede competir en cuanto á finura de trabajo con el huso y la rueca. Todavía hay muchísimos miles de mujeres en Flandes, en Irlanda, en Francia, en España y en otros países, que siguen hilando el lino y el cáñamo con los primitivos instrumentos de mano, y así tienen que hacerse los hilos de que se tejen las batistas más finas, las telas de lino adamascadas de primer orden y los encajes de Bruselas, Malinas, Alençon y otros semejantes. Hay hilandera de ésas que saca de una libra de lino treinta leguas de hilo, y libra de lino hilado de ese modo que se paga á cuatrocientos duros.

—El torno de hilar—dije yo—ya es una máquina no poco ingeniosa; ¿se sabe de cuándo data y quién la inventó?

—Sé que es muy antigua—me contestó Julio—; pero, francamente, le diré á usted que no conozco su historia.

—Pues voy á decírsela á ustedes—dijo Don Juan—. Esa máquina se remonta al año 1530, y su inventor fué un alemán de Brunswick, llamado Jurgen.

—Después de hilada la materia textil, sea la que se quiera —continuó diciendo Julio—, puede dársele muchas aplicaciones, entre ellas la de dejarla en esa forma, sea para coser, sea para hacer encajes, cordones, cordelería, etc., sea para fabricar géneros tejidos.

—Cualquiera de esas aplicaciones que has dicho constituye una industria. Danos una idea de la de tejer.

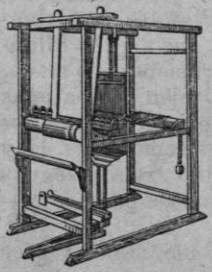
—Es complicadísima—contestó Julio—, porque hay infinidad de clases de tejidos, desde los más sencillos, como el lienzo común, hasta los damascos, brocados y terciopelos; desde los géneros de punto hechos á mano ó á máquina, hasta los encajes flamencos más finos.

UNED

—Y apurando la cosa—le dijo Don Juan riéndose—hasta las esteras de pleita, las espuertas y las redes de pescar, que incuestionablemente pertenecen todas ellas á la clase de tejidos con tanto derecho como los tapices y alfombras más sublimes ó los tules más vaporosos; pero dinos siquiera cómo se teje la tela de las sábanas ó la de los sacos en que se transporta cal ó arena.

—Pues el aparato más primitivo y sencillo, y también el más moderno y complicado, es el telar; y digo eso, porque los telares mecánicos más perfectos de hoy son, en sustancia, el mismo que se viene usando desde tiempo muy anterior á la Historia—dijo Julio.

»Consiste ese artefacto en un bastidor formado por dos palos unidos entre sí por travesaños; bastidor que lleva en sus extremos sendos rollos giratorios, de los cuales, aquel en que se arrolla la tela conforme se va haciendo se llama *enjullo*.



Telar común.

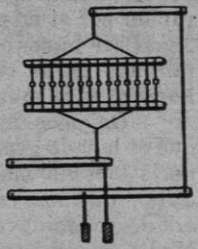
»Pero no puedo explicar bien la manera de funcionar ese aparato sin decir antes que el tejido, en su forma más sencilla, se compone de hilos cruzados y entrelazados entre sí, de los cuales los que van en un sentido constituyen la *urdimbre*, y los que se cruzan con ellos, la *trama*. Añadiré que los hilos de la urdimbre están aislados unos de otros y tendidos desde un rollo de los que antes dije al opuesto, y que la trama consiste verdaderamente en un solo hilo que va y viene de un lado al otro cruzándose siempre en un sentido y en el contrario con los de la urdimbre.

»Ahora—prosiguió Julio—supondremos tendidos entre los rollos todos los hilos de la urdimbre y numerados de izquierda á derecha, ó viceversa: uno, dos, tres, etc. Se pasan dos varillas: la una, por encima de todos los pares y por debajo de los nones; la otra, por encima de éstos y por debajo de aquéllos; disposición llamada *envergadura*, que permite abarcar á un tiempo todos los hilos de cada mitad de la urdimbre sin confundirlos.

»Todos los hilos pares y todos los hilos nones de la urdimbre pasan por sendos ojetes ó anillos de otros tantos hilos puestos á plomo entre varillas, formando los llamados *lizos*, de los que

UNED

hay dos, uno para los hilos pares y otro para los nones de la urdimbre. *(Véase la figura adjunta.)* Ambos lizos están unidos por la parte de arriba por una cuerda que pasa por una polea ó garrucha y terminan por abajo en sendos pedales, que el tejedor mueve con los pies; de manera que al bajar uno de los lizos tiene que subir por fuerza el otro, ni más ni menos que baja uno de los cubos pendientes de la cuerda de un pozo cuando sube el sujeto al otro cabo de ella. Al subir el lizo de los hilos pares suben todos ellos juntos, al mismo tiempo que bajan con el lizo contrario todos los hilos impares, y viceversa.



Lizo, mostrando los ojetes por donde pasan los hilos de la urdimbre.

»Entendido esto, es fácil hacerse cargo del funcionamiento del aparato. El tejedor oprime el pedal correspondiente al lizo de los hilos pares, y hace pasar el hilo de la trama por encima de todos ellos; baja en seguida con el otro pedal el lizo de los hilos nones, y hace pasar por encima de ellos el mismo hilo de la trama en sentido contrario; vuelve á oprimir el pedal de los pares, y vuelve á pasar el hilo de la trama, que irá esta vez por debajo de los nones, y así sucesivamente.

»Facilita esa maniobra la lanzadera, pequeña pieza en forma de navecilla, acabada en punta por ambos extremos, y que lleva en su centro un taladro ó mortaja en que hay alojado un pequeño carrete giratorio, en que se arrolla el hilo destinado á formar la trama, el cual irá devanándose conforme vaya adelantando la operación.

Lanzadera.

»Complétase ésta por el golpe contra cada pasada de trama, oprimiéndola contra las anteriores, de una pieza llamada *batiente*, suspendida de la parte alta del aparato, pieza que forma por abajo como una especie de peine, entre cuyos dientes pasan los hilos de la urdimbre.

»Ya desde algún tiempo antes de hacerse extensivo el trabajo mecánico á los telares, se ideó facilitar la marcha de la lanzadera, haciéndola correr por una tablilla sobre unas roldanitas que lleva en su mismo cuerpo, impulsada por unos resortes que el mismo tejedor maneja con unos cordeles. Los telares que carecen de ese órgano necesitan del concurso de dos personas, colocadas

á uno y otro lado, para arrojar y recoger la lanzadera cuando la excesiva anchura de la tela dificulta al tejedor verificar esa operación por sí mismo.

»Para hacer otra clase de tejidos más complicados se necesitan más de un par de lizos, y á veces tantos que no basta un hombre para manejar el telar.

—Dejemos los tejidos y pasemos á tratar de otra industria que es hoy de grandísima importancia y que parece llamada á tenerla todavía mayor con el tiempo. No sé si habrás adivinado, Julio, que me refiero á la industria del papel, sustancia que era desconocida en Europa hasta muy adelantada ya la Edad Media, y que hoy tiene muchísimas aplicaciones y va teniéndolas nuevas cada día.

—El papel que se usaba en Europa en la antigüedad—dijo Julio—procedía todo él del Egipto, en que se hacía del tallo de una planta llamada *papiro* por los latinos y *biblos* por los griegos. De esa planta no sólo se fabricaba papel, sino velas de barcos y muchas otras cosas.

La planta del papiro.

—¿Y en qué otras sustancias escribían los antiguos?—preguntó Don Juan.

—Apenas hay ninguna que pueda servir para ese objeto que no haya sido usada: tablas de madera y de piedra, placas de plomo y de barro cocido, pieles de animales y muchísimas más. También usaban los romanos unas cajitas de muy poco fondo, ó mejor dicho, unas tablillas provistas de un ligero reborde en su contorno, de madera, hueso, marfil y otras materias, rellenas de cera, en que escribían notas, cartas y otras cosas que no necesitaban conservarse, valiéndose de unos punzones metálicos llamados *estilos*. Para escrituras de mayor importancia, además del papiro se servían del pergamino.

»En cuanto al papel que hoy usamos, es antiquísimo en China, Japón, Corea y demás países del Extremo Oriente, donde se le fabrica de muchísimas sustancias vegetales; y se le aplica, no sólo á escribir, sino á infinitos usos, hasta á la fabricación de casas, y lo que es todavía más extraño, á la de paraguas.

—Antes que los chinos ni que nadie, ¿á que no sabes quién

fabricaba admirablemente el papel?—preguntó Don Juan á Julio.

—¿Quién?—preguntó éste.

—Pues las avispas. Esos animalitos han sido los primeros y los mejores fabricantes de papel del planeta. Las celdas de las avispas no son de cera, como las de las abejas, sino de papel.

»Hay muchísimas especies de avispas, las cuales hacen de muy diferentes maneras y en muy diferentes parajes sus avisperos; pero todas ellas los hacen de papel, y en aquellas partes expuestas á la intemperie, solidísimo y además impermeable. Hay una especie de avispa en América—la llamada *cartonera*—que se distingue entre todas por la excelencia del papel que fabrica. Pero sigue adelante.

La avispa.

—Pues, como iba diciendo—prosiguió Julio—, los más antiguos y mejores fabricantes de papel son los chinos, japoneses y demás pueblos orientales. Allí se hace el papel de muchas materias, pero las principales son las fibras del bambú, la corteza interior del moral, los filamentos del algodonero y la medula de la planta cuyo nombre botánico es *Aralia Papirífera*.

»En Europa, el papel es relativamente moderno; y digo relativamente, porque lo teníamos ya hace cerca de mil años, aunque importado de Oriente.

»El primer papel que se usó en Europa fué el de algodón, y después de él el de trapos de lino, cuyas primeras fábricas estuvieron en España, y concretando más, en la región valenciana.

»En los últimos tiempos ha ido aumentando tanto la demanda de papel, que se ha acudido para hacerlo á substancias nunca empleadas antes. En 1772 publicó un sabio alemán, llamado Carlos Schoeffer, una obra en que se contienen ochenta y una muestras de papel, fabricado con musgo, hierba, virutas de haya, de sauce y de álamo, tallos de lúpulo y de vid, cáñamo, ortigas, malvas, hojas y hasta tronchos de coles. Se ha fabricado papel de maíz, de heno, de pulpa de remolacha, y hasta de estiércol de caballo. Pero hay que convenir en que si abunda el papel en nuestro tiempo y si suele tener buena apariencia, es incomparablemente inferior al que se fabricaba antiguamente de trapos; siendo seguro que las ediciones de hace tres y cua-

tro siglos se conservarán todavía perfectamente cuando no quede ni rastro de las más de las que hoy se hacen. Los antiguos papiros egipcios subsisten hoy, después de cuatro y cinco mil años; y muchos de los que había en Herculano y Pompeya pudieron resistir á los destructores agentes que acabaron con esas ciudades hace veinte siglos.

—Está bien—dijo Don Juan—. Ahora danos una idea del proceso de fabricación del papel de trapos.

—Lo primero que se hace con los trapos en la fábrica es clasificarlos y cortarlos, operaciones que suelen verificar mujeres sumamente prácticas en distinguirlos unos de otros, según la materia, grado de finura, color, estado de uso y otros conceptos; clasificación importantísima para la buena marcha de las operaciones y calidad de los productos, debiendo ser lo más homogéneos posible los trapos que entren en cada lote que haya de tratarse, para que estén todos ellos en estado análogo en cada etapa de la fabricación por que vayan pasando.

»El corte de los trapos se hace en largas mesas, cuyas tablas llevan alrededor unas rejillas metálicas, y fijas de trecho en trecho unas á modo de hoces, en cuyos filos van cortando las operarias los trapos en pedazos de cinco á seis centímetros por diez, y sacudiéndolos después contra las rejillas para quitarles el polvo y otras materias extrañas que pueda haber en ellos. Después, en otro departamento, se les da una colada de lejía, se les enjuaga, y se les mantiene, por último, durante ocho ó diez horas, sumergidos en una lejía de agua de cal; operación esta última que ha sustituído generalmente á la de la fermentación pútrida durante un mes ó más, que antes se usaba.

»A estas operaciones sigue la de reducir los trapos á pasta, bien moliéndolos y triturándolos en grandes cubas ó depósitos por cuyo interior pasa una corriente continua de agua, al mismo tiempo que pesados pilones ó mazos, guarnecidos de púas de hierro y movidos por las camas de un árbol ó eje, caen acompasadamente sobre ellos, deshilachándolos y quebrantándolos, bien (y esto es lo más común en nuestros días) verificando la misma operación en ciertas cajas, llamadas *deshilachadoras*, dentro de las cuales giran rápidamente cilindros guarnecidos de púas que se cruzan con otras púas que llevan armadas en sus fondos las dichas cajas, las cuales ni que decir hay que se cargan y descargan periódicamente de agua.

»Reducidos los trapos ya, aunque imperfectamente, á pasta, se blanquea ésta en grandes depósitos de madera, en cuyo interior se introduce, ó gas cloro producido por la reacción en caliente, en retortas especiales, del ácido clorhídrico y del peróxido de manganeso, ó cloruro de calcio disuelto en agua; debiéndose en el primer caso mantener herméticamente cerrados los depósitos durante la operación, para librar á los operarios de las perniciosas emanaciones del gas cloro.

»Acabado ese blanqueo, que dura de día y medio á tres días, según el procedimiento que se emplee de los dos dichos (blanqueo que no era necesario con el antiguo sistema de la trituración con pilones ó mazos), se completa la molienda de las pastas en cajas semejantes á las que sirvieron para comenzarla, pero en cuyos cilindros y fondos menudean más las púas ó cuchillas.

»En este período de la fabricación se hacen las mezclas de pastas, según sea la clase de papel que se desee obtener, teniendo en cuenta las propiedades de las materias de que proceden las diversas de que se dispone para verificar esas mezclas. Los trapos de cáñamo y de lino son los que producen papel más duradero, sólido y transparente; los de algodón lo dan muy blanco, pero más endeble y perecedero. El papel inglés es casi todo de pasta de algodón, pero mezclada con las procedentes de velas y cordajes, que comunican á la otra propiedades de solidez de que ella por sí sola carecería.

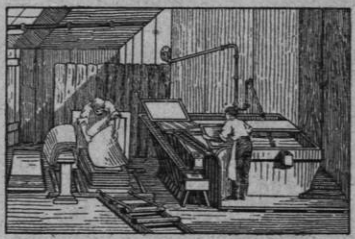
»Acabada la trituración de las pastas, sólo falta ya reducirlas á hojas sueltas del tamaño que hayan de tener los pliegos, ó á una hoja continua, que se corta después al tamaño que se desee para formar las resmas.

»El primer procedimiento es el más antiguo y también el que da mejores productos. Se sigue empleando, aun en las fábricas que trabajan más en grande, en la fabricación del papel más escogido.

»Comienza por echarse la pasta, disuelta en agua muy pura, en una tina, debiendo ser tanto más clara la papilla que se forme cuanto más fino haya de ser el papel. Tres oficiales se emplean en irlo moldeando y poniendo en paquetes: el *sacador*, que va formando los pliegos uno á uno en la horma; el *ponedor*, á cuyas manos van pasando las hormas, y que saca de ellas los pliegos ya formados, colocándolos en el *sayal* ó trozo de fieltro

que para el caso se usa; y el *levador ó separador,* que va haciendo los paquetes cuando llega el momento oportuno.

»La horma es una especie de caja de madera, del tamaño del pliego, con el fondo de tela muy fina de hilo de cobre, y las gualderas de madera dura, la cual se cubre con la *frasqueta,* que es otro marco que se adapta sobre el primero y que gradúa el grueso del papel. De la habilidad del oficial encargado de meter la horma en la tina y de formar los pliegos depende en gran parte la igualdad y homogeneidad del papel.



Fabricación del papel de tina.

»Este, tal como sale de la tina, es flojo, poroso y sin consistencia: verdadero papel secante sin la operación de la encoladura, que antes era la última que se hacía después de ya secos los pliegos, pero que hoy se hace en la misma tina, bien con cola animal procedente de raspaduras de pieles cocidas á fuego lento, á que se agrega la quinta parte de su peso de alumbre, bien con cola vegetal ó *jabón de resina,* substancia compuesta de colofonia disuelta con sal de potasa ó de sosa y con fécula, y calentada á fuego vivo en una caldera.

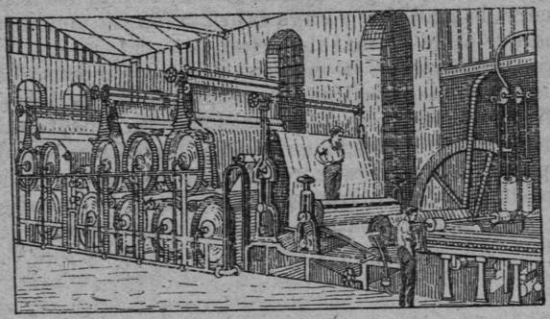
»La encoladura con cola animal y verificada después de secos los pliegos, como antes se hacía, era más larga, complicada y dispendiosa que la que hoy se estila con cola vegetal y hecha en la misma tina; pero daba mejores resultados. Los ingleses siguen empleando la encoladura animal, á veces con tanto exceso, que sus papeles resultan demasiado lisos y lustrosos para la escritura.

»Hecho el paquete de pliegos y *sayales* de fieltro interpuestos, se le comprime en una prensa de tornillo, y después lo deshace el oficial llamado *levador ó separador,* que es el encargado, como ya dije, de formar los paquetes de pliegos. Esos paquetes son sometidos á varios prensados sucesivos, variando á cada uno de ellos la posición de unas hojas con respecto á las otras, para hacer desaparecer de ellas todas las rugosidades y desigualdades que les ocasionaron los hilos de cobre de los fondos de las hormas.

UNED

»Pasan después los pliegos al secadero, en que se les cuelga en cuerdas atravesadas de unos palos á otros, á la manera que se hace con la ropa para secarla después de lavada.

»El papel continuo se hace por medio de máquinas muy complicadas, en que va pasando la pasta por una serie de telas y cilindros laminadores, que ocupan á veces hasta cincuenta metros de longitud, en que entra la pasta por un extremo, en estado de fluidez, y sale por el opuesto convertida en una tela interminable del ancho de los cilindros por entre que ha ido



Fabricación del papel continuo.

pasando, los cuales, á partir de cierto punto, están calentados interiormente por vapor para secar el papel, al mismo tiempo que lo pulen y alisan. En poco más de dos minutos que transcurren desde que va saliendo la papilla de la cuba y entrando en la máquina hasta que sale de ella convertida en papel, se verifica toda la fabricación.

»En el taller de *alisar* se alisa y bruñe el papel haciéndolo pasar más ó menos veces, metido entre dos cartones, por entre cilindros laminadores. Allí también se *gelatina,* el que haya de serlo, entre hojas de cobre bruñido, operación que le da gran tersura, brillo y transparencia.

—¿Queda todavía más que hacer?—pregunté.

—Disponer el papel en manos de á veinticinco pliegos y en resmas de á veinte manos, prensarlo y...

—Y venderlo—dijo Don Juan completando la frase.

—Ya era tiempo—dije yo.

—Para acabar, explícanos en cuatro palabras cómo se hace el papel de todas esas porquerías que nos dijiste antes—dije á Julio.

—No lo sabrá, seguramente—dijo Don Juan.

»De lo que más se hace hoy papel, aparte de los trapos y cordajes de cáñamo y esparto, es de madera—continuó—; pero ésa no constituye generalmente la primera materia que emplean las fábricas de papel, sino las especies de galletas de celulosa que se hacen, por lo común, en los mismos lugares en que se corta la madera, y cuya fabricación ha venido á ser un ramo industrial de los más importantes.

»Hay que someter la materia á la acción, en caliente, de fuertes disoluciones alcalinas, y después á la del cloro, terminando el tratamiento por blanqueos, verificados también por procedimientos químicos, seguidos de abundantes lavaduras en agua: operaciones todas que reducen la materia á la cuarta ó quinta parte de su peso, que es el que queda á las galletas que reciben como primera materia las fábricas de papel.

CAPÍTULO XLIV

Los árboles.

—El haber venido á parar ayer á la madera como primera materia de fabricación del papel, me ha hecho recordar que nada hemos hablado acerca de los árboles y su cultivo—dijo Don Juan—; pero como tampoco es justo que seáis vosotros dos solos, Fernandito y Julio, quienes carguéis con todo el trabajo, vas á ser tú, Paquito, el que nos va á dar ideas sobre arboricultura, pero abreviando lo más posible, porque el asunto es vasto, y si fuéramos á tratarlo con detenimiento, no acabaríamos en la vida.

Paquito era el número seis de los hijos de Don Juan, y sin

UNED

disputa el número uno de sus discípulos. También es verdad que era el mayor de todos ellos, pues andaba ya por los diez y seis años, dato que podría excusarme de decir que los hijos mayores de Don Juan hacía tiempo que habían completado su educación, como Joaquinito, y no sólo no asistían á sus lecciones, sino que ni residían siquiera sino á temporadas en su casa.

—¿De qué árboles quiere usted que hable?—preguntó Paquito—. ¿De los frutales, quiero decir, de los que dan frutos que se comen, porque en realidad frutales son todos los árboles sin excepción alguna, ó de los que se utilizan por su madera, ó por sus jugos, ó por sus hojas?

—Dinos algo de todos, y detente más particularmente en cuanto se refiere á su siembra ó plantación, cultivo é ingertos.

—Los árboles, como todos ó casi todos los vegetales, pueden reproducirse, no sólo sembrando sus semillas, sino plantando cualquiera de sus ramas; pero no hay duda de que su manera natural de reproducirse es por sus semillas, no siendo en realidad el vegetal procedente de una rama que se haya plantado un nuevo individuo de la especie, sino el mismo de donde la rama fué cortada, cuya vida, en cierto modo, se prolonga.

»Una reproducción continuada indefinidamente por ese procedimiento, acabaría por privar al vegetal de la facultad de fructificar y producir semillas.

—Un ejemplo tenemos de ese hecho en la caña de azúcar —dijo Don Juan—, la cual, reproducida desde tiempo antiquísimo por plantación de sus tallos, ha perdido enteramente la semilla.

—Por eso conviene—siguió diciendo Paquito—sembrar de cuando en cuando los árboles por semilla, que es, además, la única manera posible de ir mejorando las especies y produciendo otras nuevas, eligiendo para las siembras las semillas mejores y más robustas, ó las procedentes de aquellos árboles que posean en mayor medida las cualidades que se desee obtener.

»Con todo, el plantar los árboles tiene la ventaja sobre el sembrarlos de ser procedimiento más rápido en sus efectos, pues la semilla sembrada suele tardar largo tiempo en nacer y desarrollarse.

»En cortar un gajo de un árbol y plantarlo consiste el sistema de *estaca;* y en no separar el gajo del árbol madre hasta

que no haya arraigado, ora en la tierra en que se le planta, forzándolo á doblarse hasta llegar á ella, ora, si está muy alto y no se presta á doblarse sin romperse, en la que se le arrima y con que se le cubre, consiste el de *acodo*.

»Para poder atender sin excesivo trabajo á los arbustos en el primer período de su desarrollo, conviene, ya hayan sido sembrados, ya plantados, reunirlos en un semillero ó plantel, desde donde, ya bien arraigados, se les trasplanta al lugar en que hayan de quedar definitivamente. No puede darse una regla segura respecto al período del desarrollo del arbusto en que conviene verificar el trasplante, pero como precepto general debe seguirse el de no hacerlo antes de cuatro años de plantado ni después de seis.

»Otro modo que hay de reproducir los árboles es por sus raíces. Estas chupan de la tierra los jugos y elaboran la savia que mandan al tronco; pero cuando se ven aisladas no dejan de absorber y formar esos mismos jugos y enviarlos en la dirección del tronco aunque éste no exista. En esa propiedad se funda la práctica, que se sigue en algunas partes para multiplicar los olivos, de plantar las raíces ó zuecas de los que en estado silvestre se encuentran en los bosques. Basta para obtener el objeto deseado enterrar un trozo de raíz y sostener el terreno en el estado de humedad conveniente.

—¿Cuál es el mejor tiempo de sembrar los árboles?—pregunté.

—Incuestionablemente, en otoño—me contestó Paquito—, porque entonces es cuando la Naturaleza los siembra, desprendiéndose y dejando caer en tierra los frutos, que son los que llevan la semilla. Sin embargo, germinan perfectamente las más de las semillas si se las siembra en primavera. Hay unas que tardan dos años en nacer, otras que nacen en el mismo año en que se las siembra.

—¿Qué atenciones hay que tener con los semilleros?

—Lo mismo ellos que los planteles deben ser removidos y regados; pero tampoco conviene acostumbrar á los arbustos á unos regalos de que muy difícilmente habrán de disfrutar en la tierra á que se los trasplante y en que hayan de vivir definitivamente, por lo cual deberá procurarse que la tierra del plantel ó semillero no sea de superior calidad, sino de mediana. Tampoco es bueno regarlos excesivamente, demostrando la ex-

UNED

periencia que el árbol que se riega mucho en el principio de su vida suele salir desmedrado.

—¿Qué distancias deben mediar entre los arbustos en los semilleros?

—Depende de la naturaleza de las plantas y de la calidad del terreno; pero, en general, no debe haber menos de un pie ni más de dos entre unos y otros. También deben enmendarse esas distancias estableciendo las convenientes en el primer trasplante, que debe hacerse en el mismo semillero en el invierno siguiente al nacimiento de las plantas ó cuando más en el segundo. Los árboles así replantados en el semillero crecen más pronto y prenden con mayor seguridad cuando son trasplantados definitivamente.

»Las plantas, en el primer año de su replantación suelen producir multitud de ramas laterales que se deben podar en el invierno siguiente, no cortándolas rasas al tronco, sino á alguna distancia de él, para que queden con algunos botones ó yemas que proporcionen nuevas ramitas, cuyas hojas aumentarán la savia, y, por lo tanto, el alimento del tronco. En algunos casos conviene cortar una rama á ras del tronco: cuando esté tan desarrollada que se lleve demasiada savia, ó cuando rivalice con otra, perjudicándola, porque entonces deberá cortarse la más desmedrada de ellas.

»Alguna vez se debe cortar la planta á ras de la tierra: cuando en el primer año del trasplante no ha crecido con vigor ni ha echado ramas por un motivo ó por otro.

—Dinos algo de los ingertos—dijo Don Juan.

—*Ingertar*—dijo Paquito—es unir una parte de un vegetal vivo á otro vegetal distinto, para que participe de la vida de ese último y crezca en él y fructifique como lo haría en aquel de que fué separada.

—¿De modo—pregunté—, que una rama de cualquier árbol puede ingertarse en otro distinto, sea el que quiera?

—No, señor; deben ser ambas plantas de la misma especie. Un árbol cuyo fruto es de pepitas, como el manzano ó el peral, no pueden ingertarse en los que los tienen de hueso, como el melocotón ó el ciruelo.

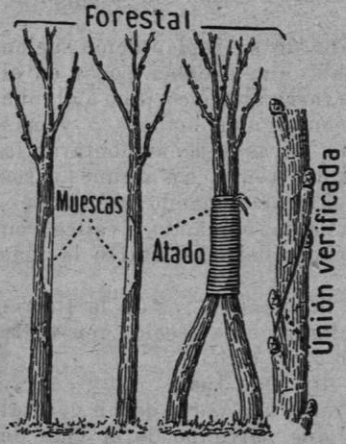
»Tiene que haber también cierta analogía en el movimiento de la savia, permanencia ó caducidad de las hojas y condición de los jugos.

—¿Y no hay más condiciones que llenar para hacer los ingertos?

—Además, deben elegirse las épocas más ventajosas del movimiento de la savia, como su ascenso, descenso ó plenitud, y debe procederse con la mayor rapidez en la ejecución y con la mayor regularidad en la unión ó juntura de los órganos.

»Se cuentan hasta setenta modos de ingertar, pero se pueden agrupar casi todos ellos en tres clases: los que se hacen por *aproximación,* los de *cuña* ó *hendidura,* y los de aplicación de *botón* ó *yema.*

»Los ingertos por *aproximación,* uno de los cuales es el llamado *forestal,* se hacen juntando los dos órganos de las plantas, sin separar á ninguno de ellos de aquélla á que pertenece hasta que se haya establecido comunidad de savia entre ambos. *(Véase la figura.)*



Ingerto por aproximación.

»Hay gran analogía entre esa manera de ingertar y la plantación por *acodo,* sólo que en ésta la rama que ha de plantarse se introduce en la tierra sin perder su comunicación con el árbol á que pertenece, mientras que en el ingerto esa rama se aplica al árbol á que ha de pertenecer en lo futuro.

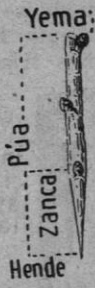
»Para hacer ese ingerto se practican unos cortes perfectamente limpios en las ramas que han de unirse, cortes que han de profundizar hasta el blanco ó albura, ó hasta la madera, ó hasta la medula, según los casos; se los junta muy exactamente, dejando la corteza por la parte de afuera de modo que apenas quede vacío; se aseguran las partes unidas con sólidas ligaduras; se cubre esa juntura con emplastos de arcilla y boñiga y envolturas de lienzo, y no se separa la rama ingertada de la planta madre hasta que esté bien consolidado el ingerto.

»Los ingertos de *cuña, púa* ó *hendidura,* que se hacen de muchas maneras, consisten, en general, en introducir la

UNED

rama que ha de ingertarse, ya separada de la planta á que pertenece, en aquella otra de cuya vida ha de participar en adelante.

»En una de las maneras de practicar ese ingerto se emplean ramas de la última savia, á que se dejan dos botones, cortándolas muy cerca del más alto de ellos, y por el extremo opuesto, que es el que ha de penetrar en el árbol, en forma de hoja de cuchillo. Además, ha de procurarse que la rama ingertada esté más atrasada en su vegetación que aquella en que se la ingerta, para lo cual se corta algunos días antes de la operación, poniéndola en tierra expuesta al Norte.



Púa.

»Llegada la primavera, que es el tiempo más propio para este ingerto, por ser cuando asciende la primera savia, se abre una hendidura con un instrumento bien afilado allí donde ha de ingertarse la rama, se introduce en ella una cuña de boj ú otra madera dura para mantenerla abierta, y se hace entrar entonces la cuña ó púa de la rama destinada á ingertarse, procurando que las partes interiores de las cortezas se correspondan exactamente, porque sin eso el ingerto no prendería. Se saca entonces la cuña y se cubre el punto de unión con arcilla, boñiga y ligaduras, y todo ello con un lienzo fuerte en el que hay un agujero para que salga la rama ingertada.

Ingerto de corona.

»A esta misma clase de ingertos corresponde el llamado de *corona,* que suele usarse en árboles corpulentos, y en que las ramas ingertadas (porque son varias á un tiempo) no son de la última savia, sino de la penúltima, y alguna vez de diez y ocho meses. Se ingertan esas ramas introduciéndolas entre la corteza y el blanco del árbol formando una especie de corona, á lo que ese ingerto debe su nombre.

»Los ingertos de *botón* ó *yema* se hacen aplicando sobre el árbol que ha de recibirlos una porción de la corteza de las plantas que han de ingertarse con el botón ó yema que contienen. Tienen analogía con la multiplicación por semillas, y son los más generalmente empleados en los árboles

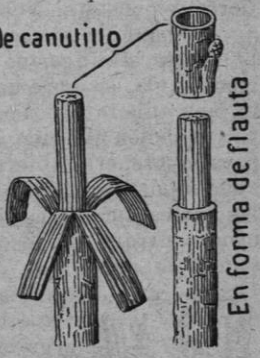
frutales. Además, son fáciles de practicar y de muy seguros resultados.

»A esta clase pertenecen los ingertos de *escudete* y los de *flauta ó cañutillo.*

»Los de *escudete* se practican en otoño ó en primavera, llamándose en el primer caso de *ojo muerto,* y de *ojo vivo* en el último. Debe su nombre ese ingerto á la figura de escudo de armas triangular que se da al pedazo de corteza que se aplica al árbol que ha de recibir el ingerto. Hácese en su corteza un corte en forma de T, y levantando sus bordes con la espátula de marfil ó de hueso que lleva el que practica la operación en el extremo de un mango, se introduce allí el escudete y se cubre en seguida con los mismos labios de la hendidura, aplicando después los emplastos y ligaduras de costumbre.

Ingerto de escudete.

»El ingerto de *flauta ó cañutillo* es difícil de hacer, habiendo que quitar de la corteza del árbol que ha de recibirlo un anillo todo en redondo, que ha de sustituirse con otro anillo semejante sacado de una rama de igual grueso del árbol de donde procede, el cual anillo ha de tener una ó dos yemas.



Ingerto de flauta ó cañutillo.

CAPÍTULO XLV

El olivo y los aceites vegetales y animales.—La ballena.

—Dinos algo, ya que estás tratando sobre árboles, acerca del cultivo del olivo y extracción del aceite, que es uno de los renglones agrícolas de mayor importancia de nuestra Península.

—Y, sin embargo, como la vid, tampoco el olivo es indígena de ella—dijo Paquito.

—¡Cómo! ¿No es el olivo producción natural de la Península?

—No, señor; Aristóteles dice que los fenicios importaban aceite en España á cambio de plata, y todavía en tiempo de Estrabón no había aceite en Portugal ni probablemente tampoco en el resto de España.

Rama de olivo.

—Parece—dijo Don Juan, interviniendo en el diálogo—que los romanos importaron el olivo en España, lo mismo que la vid y que muchos otros árboles y plantas que trajeron de Asia á Europa, como el albaricoque y sus variedades, que procede de Armenia; el melocotón y las suyas, que es indígena de Persia; el almendro, el ciruelo, el cerezo, el nogal y el naranjo, que tienen también su origen en Asia...; pero no es nada extraño que esos árboles se hayan aclimatado perfectamente entre nosotros, porque hemos visto en América y en Australia suceder otro tanto con animales y plantas que no había allí y que

fueron llevadas de Europa. Pero sigue, Paquito, tu explicación.

—Pues el olivo es árbol que no puede resistir grandes fríos, padeciendo mucho en cuanto el termómetro marca diez grados bajo cero, y perdiéndose muchas veces la aceituna cuando, después de haber echado los botones en primavera, sobrevienen fríos extraordinarios. Tampoco le convienen los calores excesivos ni la demasiada sequedad.

—Bueno; pasa adelante y danos noticias sobre su cultivo —dijo Don Juan.

—El olivo se reproduce por su semilla, su tronco, sus ramas y sus raíces; por más que hay quienes aseguran que el nacido de semilla tarda medio siglo en dar fruto, como tampoco falta quien niega á su semilla la facultad de germinar; pero el hecho de existir olivos salvajes, que no pueden tener otro origen que en huesos de aceitunas transportados por los pájaros, demuestra lo erróneo de ese concepto.

»Comoquiera que sea, el hueso de la aceituna no produce el olivo doméstico, sino el salvaje ó *acebuche,* por otro nombre; de modo que hay que ingertarlo.

—¡Hombre, eso sí que es raro!—exclamé.

—Lo mismo sucede con casi todos los árboles, siendo lo más común que los nacidos de semilla se diferencien mucho de los originales. El peral es un ejemplo, bastando sembrarlo de semilla para obtener una nueva variedad de peras.

»El medio más sencillo de multiplicar el olivo, y el más usado en muchas partes, consiste en plantar los hijos ó pimpollos que suelen nacer á los pies del árbol.

»No debe esperarse á que haya crecido mucho el pimpollo, porque padecería la planta madre; con una pequeña raíz que tenga es bastante para que prenda.

»Otro medio de reproducirlo es por sus raíces.

—Ya nos hablaste ayer de ese sistema de reproducción; pásalo, pues, por alto y di otro.

—Uno hay sencillísimo, muy usado en el bajo Aragón, y consiste en cortar trozos del tamaño de la mano de la *zueca*, como allí la llaman, que es la madre ú origen de las raíces del olivo, plantarlos á dos pies de distancia entre sí y á tres pulgadas de profundidad, cubrirlos de buena tierra y regarlos.

»Allí también se forman semejantes planteles con pedazos de las cepas de los acebuches ú olivos salvajes que hay en abun-

dancia en las sierras de Mequinenza; medio que han adoptado también los provenzales.

»Otra manera de reproducirlos es plantándolos de estaca, para lo cual deben tomarse ramas de las más robustas.

»En Provenza se forman los planteles con estacas de sólo un palmo de largo y de dos pulgadas de grueso, que se cubren por completo de tierra.

»El ingerto es otro procedimiento de multiplicación que permite convertir al acebuche ú olivo silvestre en la especie que se desee. Los sistemas de ingerto que más de ordinario se practican en el olivo, son los de escudete y cañutillo, muy usados para el caso: en Francia el primero, con los mejores resultados, y en Aragón el último, con no tan buenos.

—Vamos más aprisa—dijo Don Juan—. ¿A qué distancias se plantan los olivos entre sí? Hablo en el campo, no en el plantel.

—En cada parte tienen costumbres distintas; y verdaderamente no hay regla fija, porque debe depender esa distancia de la calidad del terreno. Por Jaén se ponen á diez y seis varas en cuadro, á lo que llaman *marco real;* pero algunos agricultores experimentados aconsejan veinticuatro pies como distancia mínima, y treinta y seis como máxima.

»Para facilitar las labores deben disponerse los árboles alineados en los dos sentidos.

—¿Hay que dar muchas labores á la tierra?—pregunté.

—En opinión de los buenos agricultores, tres por lo menos: una en primavera, otra en verano, y la tercera en otoño.

—Vamos á la fabricación del aceite—dijo Don Juan—. ¿En qué tiempo se cosecha la aceituna?

—No puede contestarse de una manera precisa á esa pregunta, pues la época de madurez de la aceituna depende del clima. En Andalucía está ya en sazón por Diciembre.

»La regla es cosecharla cuando cambia su color verde por el rojo ó negro, y un mes después si lo que se desea es más cantidad que calidad en el aceite.

»Se cosechan, ó vareando los olivos, ú ordeñándolos, que así se dice á arrancarles el fruto con la mano subiendo á ellos por escalas. La recolección suele durar dos y hasta tres meses.

»Se lleva en capachos la aceituna á la almazara, en cuyo corral se la entroja formando montones ó trojes, mientras le

toca el turno de ser molida; y siendo la primera que llega la que primero se muele y la que menos tiempo está entrojada, es la que mejor aceite produce.

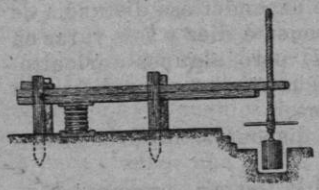
—¿Es que acaso pierde la aceituna entrojada?—pregunté.

—No gana nada, por lo menos, y la que está entrojada mucho tiempo pierde seguramente. Por lo pronto, suelta un líquido negruzco y hediondo, llamado *jamila* ó *alpechín,* junto con el cual suele irse algo de aceite.

»De las trojes se lleva la aceituna al moledero ó molino, donde se la reduce á una pasta á propósito para ser prensada en la almazara.

»Consiste el moledero en una plataforma redonda, llamada *alfarje,* formada por una ó varias piedras, sobre la cual rueda otra piedra movida por una bestia enganchada como en las norias.

»Reducida la aceituna á una pasta, se la lleva en capachos á la almazara, donde se la prensa hasta hacerle soltar todo el aceite. Hay almazaras ó prensas de multitud de modelos, desde las de viga hasta las hidráulicas más potentes.



Corte vertical de una prensa de aceitunas de las llamadas «de viga».

—¿Y en qué consiste—pregunté yo—que siendo España tierra de tan buenos olivos, produce aceite menos estimado que el de Francia y el de Italia?

—Pues en que suele haber mucho descuido en la manera de elaborarlo. Está probado que el aceite que sale de la presión de los huesos de las aceitunas perjudica mucho al que procede de la parte carnosa de la fruta; además, la permanencia de las aceitunas en las trojes es no menos dañosa á la calidad del producto, y con mayor motivo estando pésimamente dispuestos los locales en que se entroja la aceituna y habiendo sido cosechada la mayor parte de ella pasada de sazón.

»En Aix, ciudad de Provenza cuyo aceite pasa por ser el mejor de Europa, tienen por regla de conducta los propietarios cosechar las aceitunas antes de su completa madurez y no dejar de ninguna manera que fermenten en las trojes.

»Los antiguos romanos guardaban exquisitas precauciones

para entrojar la aceituna, y empleaban unas muelas particulares, que, separando la pulpa de los huesos, dejaban á éstos sin deshacer, y hoy se han inventado y se usan en algunas partes máquinas con el mismo objeto.

—Ya que estamos tratando del aceite, vamos á apurar un poco más la materia. Deja ya á los olivos y á las aceitunas y dinos qué otras clases de aceite hay—dijo Don Juan.

—Muchísimas—le contestó Paquito—; porque lo producen multitud de vegetales y de animales, pudiendo, en general, agruparse los aceites todos en vegetales y animales.

»Encuéntrase el aceite en el reino vegetal en la pulpa y semilla de muchísimos frutos, y también, aunque con menos frecuencia, en las hojas y cortezas de algunas plantas. Los aceites vegetales más usuales y conocidos son los de olivas, avellanas, nueces, almendras, linaza, coco y maní, que en Valencia llaman *cacahuete*.

»Hay también otros aceites, llamados *volátiles*, muy distintos de los crasos, y que se encuentran por lo general en las flores y otros órganos de ciertas legumbres. Esos se obtienen por destilación en el alambique, hirviendo el agua en que se han echado las substancias que los contienen.

»Obtiénense así los aceites de alhucema, bergamota, romero, etc. El de limón se extrae prensando su cáscara, y el de trementina destilando en el alambique la substancia así llamada, especie de goma compuesta de resina y aceite volátil que se saca del tronco de varias especies de pinos por medio de incisiones. Ese aceite de trementina es muy inflamable, y sometido á una segunda destilación lo es mucho más y sirve para el alumbrado, pero es de empleo peligroso. También se le usa mucho en la pintura, junto con el aceite secante de linaza.

—Y ese aceite de linaza, ¿cómo se obtiene? ¿También por destilación?—pregunté.

—No; ése se extrae, como el de olivas, por presión. La linaza, que es, como sabéis, la semilla del lino, una de las plantas más útiles que se conocen, se prensa por medio de cilindros, y suelta la cuarta parte de su peso de aceite.

—Y los aceites del reino animal, ¿de dónde proceden?—pregunté.

—Los animales que los producen—me contestó Paquito—son siempre acuáticos ó anfibios, en los cuales hace esa subs-

tancia el mismo papel que la manteca ó el sebo en los terrestres.

»La ballena, la foca y otros de los citados animales, dan aceite en abundancia, que es uno de los elementos más necesarios de vida para los pueblos interpolares, como los lapones, esquimales y samoyedos, pues los utilizan tanto para alimentarse como para alumbrar y calentar sus ateridas viviendas.

»La pesca de la ballena es una de las industrias más importantes de los pueblos marítimos septentrionales, y antiguamente, cuando abundaba ese cetáceo en regiones más templadas, también de los vizcaínos, que solían remontarse, persiguiéndola, hasta latitudes muy altas.

—¡Menudos anzuelos se necesitarán para pescar á esos animales tan grandísimos!—exclamó Juanito, que no perdía una palabra de lo que Paquito estaba diciendo.

—Las ballenas no se pescan con anzuelo, muchacho—le dijo Don Juan.

—¿Pues cómo, con redes?—preguntó Juanito.

—Explícale á Juanito cómo se pescan las ballenas, Paquito—dijo Don Juan.

—Las ballenas se pescan con arpones—dijo Paquito—. Los barcos balleneros son embarcaciones de gran porte, muy bien construídas para resistir á las gruesas mares septentrionales, y llevan á bordo botes á propósito para el peligroso servicio á que han de destinarse, los cuales se echan al agua en cuanto entra

La ballena.

el barco en la región en que se supone que ha de haber ballenas ó en sus cercanías.

»No bien se divisa una ballena, cuya presencia se manifies-

ta inequívocamente por los dos chorros de agua que al respirar impele á gran altura, se acercan á ella los botes, llevando de pie en la proa á uno de sus tripulantes armado del arpón, especie de venablo provisto en la punta de un hierro agudísimo con unas lengüetas de tal figura que salga muy difícilmente de la herida que abra, y en el cuento de una larguísima cuerda arrollada por el otro cabo á un carrete ó bobina montada dentro del bote y que gira libremente á la menor tensión de la cuerda.

»Acecha el arponero el momento oportuno para lanzarle vigorosamente el dardo á la ballena, que, al sentirse herida, se sumerge con tan gran violencia, que haría zozobrar al bote si el rapidísimo giro del carrete, permitiendo desenvolverse á la cuerda que lleva el arpón en el cuento, no hiciese insensible al bote la terrible sacudida, dando tiempo á los remeros para llevarlo dócilmente por el rumbo que la ligera tensión de la cuerda les indica, hasta que, cansada la ballena, y forzada á salir á la superficie del agua á respirar, dé ocasión para que desde el mismo bote ó desde cualquiera otro de los que le acompañan bogando por el mismo rumbo, se le lance un segundo arponazo.

—¿Y en qué está el peligro de esa pesca?—preguntó Juanito.

—En que muchísimas veces embiste la ballena al bote, y éste y los tripulantes van volteando por el aire, no siendo raro que se ahoguen algunos de ellos.

—Y ya muerta la ballena, ¿cómo se las componen para embarcarla?

—No la embarcan entera, porque las más veces sería imposible, sino hecha trozos y metida en barriles, de las cuales maniobras se encargan los tripulantes del barco ballenero, armados de cuchillos á propósito.

—¿Y lo único que se aprovecha de la ballena es el aceite?—preguntó Juanito.

—También se aprovechan las barbas para hacer multitud de objetos, como armaduras de corsés, bastones, cepillos, esterillas, varillas de paraguas, mangos de látigos, etc. Es materia algo cara, por lo cual suele sustituírsela por el acero y por el meollo de la caña común, del que se hacen unas varillas que la imitan muy bien y que se usan para armaduras de paraguas.

—Y esas barbas de ballena, ¿se llaman así porque son verdaderas barbas?—preguntó Gonzalito.

—No; las barbas de ballena ocupan en la boca de ese ani-

mal el lugar mismo de los dientes en los otros. Suele tener cada ballena seiscientas á manera de planchas ú hojas: trescientas en cada lado de la quijada de arriba, formando, en combinación con ciertas membranas que llevan adheridas, una especie de colador que deja pasar el agua y retiene los animalillos pulposos, muy abundantes en el agua de mar, y que constituyen el único alimento de la ballena. Esas planchas ú hojas son de distinto tamaño, según el del animal y el lugar que ocupan en su quijada.

»Las mayores suelen tener doce pies de largo y pesar en junto una tonelada. Hablo de las barbas, no de la ballena; pues las hay de éstas que pesan hasta ochenta toneladas y que tienen sesenta ó setenta pies de largo y treinta ó cuarenta de grueso.

CAPÍTULO XLVI

El jabón y las velas.

—Ahora voy á ser yo quien tome la palabra para daros una ligera idea de algunas de las numerosas aplicaciones del aceite, de las cuales positivamente estáis poco enterados—dijo Don Juan.

»Sabed que las grasas de todos los animales son, consideradas químicamente, substancias casi idénticas, difiriendo sólo unas de otras en las proporciones de sus elementos componentes. El sebo de carnero, la grasa del buey y la manteca del puerco, aunque se distingan fácilmente en la vista, el olor y el sabor, son materias análogas ó casi iguales entre sí.

»Lo mismo sucede con los aceites vegetales. El aceite de oliva, el de almendras y muchos otros de los llamados *grasos* (que son distintos de los volátiles), no sólo están compuestos de la misma manera, sino que se asemejan mucho á las grasas de los animales.

»Hay, además, grasas vegetales, y puede considerarse á los aceites como grasas animales líquidas, que arden todas de igual manera.

»Todas esas materias se componen, en proporciones variables, de tres elementos: dos sólidos, llamados químicamente *estearina* y *margarina*, y uno líquido, cuyo nombre químico es *oleína*. La estearina es esa substancia sólida que se deposita en tiempo frío en el fondo del aceite de olivas; y las manchas que la manteca de puerco ó el sebo de carnero dejan en el papel ó en la ropa, son ocasionadas por la oleína que contienen.

»Las grasas sirven para la fabricación del jabón. Obtiénese éste cociéndolas con potasa ó sosa, materias que se encuentran en las cenizas de las plantas (la potasa en las de las plantas terrestres, y la sosa en las de las marinas).

»La potasa y la sosa son substancias muy semejantes entre sí y que tienen también bastante analogía con la cal. Todas ellas se juntan con las materias grasas, y de ahí que la potasa y la sosa se empleen en la fabricación de la lejía, que no es otra cosa que agua caliente que se ha hecho pasar á través de ceniza, que, como ya he dicho, contiene en gran cantidad esas materias. En la misma reacción química que se verifica en la limpieza de las manchas de grasa por la lejía se funda la fabricación del jabón; reacción química á que se da el nombre de *saponificación*.

»Si se trata el jabón, sea hecho de potasa, sosa ó cal, por el ácido sulfúrico ó por el acético (cuyos nombres vulgares son vitriolo azul y vinagre, respectivamente), se verifica una combinación en que la grasa queda en libertad. Si queréis hacer la prueba, echad vinagre en agua de jabón, y veréis cómo el aceite ó la grasa del jabón se separan, aunque ligeramente modificados y mejorados desde el punto de vista de su aplicación al alumbrado. La grasa obtenida es algo menos fusible que aquella de que procede, y sometida á una fuerte compresión suelta una substancia llamada *ácido esteárico*, que queda separada. mediante esa compresión, de otra substancia llamada *glicerina*.

»La glicerina, junta con el ácido esteárico, forma la *estearina*, que es el principio esencial del sebo de carnero ó de buey. La glicerina transforma en cuerpos grasos substancias como el vinagre, que nada tienen de grasientas.

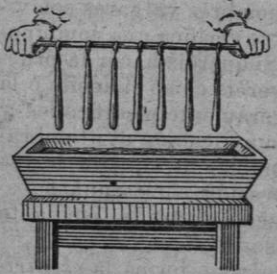
»Los aceites y las grasas, en combinación con la potasa, la sosa ó la cal, dan jabón y glicerina; y quitándole al jabón la potasa, la sosa ó la cal, se obtiene ácido esteárico, que es la materia de que se hacen las velas esteáricas.

»Pero volviendo al jabón, diré que su composición varía según la clase. El jabón blando se hace, por lo común, con lejía de potasa y rara vez de sosa, y en el duro entra la sal común como ingrediente. El que llaman jabón *blanco de Marsella* se compone de 60 partes de aceite, 6 de sosa y 34 de agua; el de *Castilla*, muy afamado en el extranjero, y especialmente en Inglaterra, de 76 $^1/_2$ de aceite de oliva, 9 de sosa y 14 $^1/_2$ de agua y materia colorante; en el también muy famoso de Windsor, sustituye al aceite el sebo de carnero.

»El arte del jabonero consiste, principalmente, en saber determinar, por el aspecto de la pasta y por otras circunstancias, la calidad de lejía que debe emplear en cada período de la operación. En la fabricación del jabón blando, la combinación del aceite con la potasa debe hacerse sin que el jabón cese de estar disuelto en la lejía, mientras que en la del jabón duro es preciso separar el jabón de la lejía aun antes de que se haya acabado de verificar la saturación del aceite.

»El jabón blando puede convertirse pronto en duro por la adición de la sal común.

»El jabón se encuentra á veces como producto natural. En varias comarcas de América se produce un arbusto que sustituye hasta con ventaja al jabón artificial, y en otras partes del mundo hay otras plantas análogas, de las cuales, las más conocidas son la *quilaya* y la *saponaria*.



Fabricación de velas de sebo.

»En cuanto á las velas, se hacen de varias materias y por varios procedimientos.

»Las de sebo se fabrican sumergiendo en una cubeta llena de sebo derretido las torcidas ó mechas colgadas de una varilla, sacándolas para que se enfríen, volviéndolas á sumergir, sacándolas de nuevo y repitiendo la operación cuantas veces sea necesario hasta que las velas adquieran el grueso deseado.

»Las velas se fabrican también en moldes, cuando la materia lo permite.

—Pero las materias de que se hacen las velas deben siempre permitirlo—se me ocurrió decir.

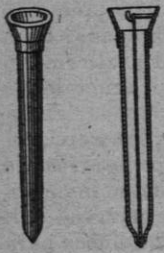
—No lo crea usted—me contestó Don Juan—; no tiene usted idea del número de obstáculos que ha habido que allanar para resolver un problema tan sencillo como al parecer lo es el de fabricar velas.

»Hay velas que no se prestan al moldeo: las de cera, por ejemplo.

»Las de sebo, estearina y parafina, sí. Los moldes en que éstas se hacen se colocan en sendos agujeros de que está llena la tabla de una mesa, de modo tal, que queden enrasadas con la superficie superior de ella las bocas de dichos moldes.

Fabricación de las velas de estearina y parafina.

»Dentro de éstos se colocan las mechas, sujetas por arriba en un pequeño alambre de que cada una está provista, y por abajo en el centro del mismo tapón roscado con que se cierran. Una vez llenos los moldes de la materia fundida, se les deja enfriar, y después se extraen las velas de ellos con sólo volcarlos, pues son algo más anchos por la parte de arriba que por la opuesta.



Fabricación de las velas de estearina y parafina.

—Y las velas de cera, ¿cómo se hacen?

—Con cuchara—me contestó Don Juan—. Las torcidas se cuelgan de un aro de madera suspendido de cuerdas. Cada una de esas mechas lleva sendos tubitos de hojalata en ambos extremos, para impedir que se cubran de cera al aplicársela á las mechas, operación que lleva á cabo un oficial, armado de una gran cuchara llena de cera derretida, que va echando en cada una de ellas conforme van pasándole por de-

Fabricación de las velas de cera.

lante por el movimiento de rotación que con la otra mano va imprimiendo al aro; operación que repite cuando se han enfriado las capas de cera de que se van cubriendo las torcidas.

»Cuando han adquirido las velas el grueso necesario, se las arrolla sobre una piedra perfectamente lisa y se da figura á sus extremos con una especie de cuchillo *ad hoc*. Es tal la práctica de los buenos oficiales en esas manipulaciones, que hacen las velas del peso que quieren.

—¿Y cómo se obtiene la cera?—pregunté—. Sé que se saca de las colmenas, pero ignoro por qué procedimiento se la aisla de la miel—dije.

—Explícaselo tú, Paquito—dijo Don Juan.

—Pues la cera—me contestó Paquito—se obtiene sometiendo á una fuerte presión los panales hasta que suelten toda la miel, y haciéndolos después hervir en agua. La miel que aún les queda se disuelve en el agua, y la cera sobrenada. Para blanquearla se la somete durante varios días al sol y al relente.

—¿Y qué otras materias se emplean en la fabricación de las velas?

—Hay—me contestó Don Juan—varias clases de cera vegetal, de las cuales las más conocidas son la japonesa, la de palma y la de mirto. Los japoneses usan desde tiempo inmemorial una preciosas velas, hechas de una especie de cera vegetal; velas que ofrecen la particularidad de tener la mecha hueca para proporcionar una doble corriente de aire á la combustión. Se diferencian también de las nuestras en ser de figura más marcadamente troncocónica. Otra materia de que se hacen velas es la llamada *blanco de ballena*, especie de aceite que se encuentra en la cabeza de esos cetáceos y de otros peces. Esas velas son diáfanas. Otra es la parafina.

CAPÍTULO XLVII

El alumbrado.

—Verdaderamente—dije yo—que en nada se han hecho tantos progresos en el último siglo como en el alumbrado. Aunque no sea por ellos por lo que se le haya llamado «siglo de

las luces», sino por lo que se supone haberse difundido durante su curso la ilustración en todas las ciencias, especialmente en las físicas y naturales, el calificativo bien pudiera tomarse al pie de la letra.

Candil ó velón antiguo.

—Es verdad—me contestó Don Juan—, porque hace poco más de cien años no teníamos para alumbrarnos sino el candil de aceite, más ó menos rico y elegante en su materia y en su forma, pero imperfectísimo para su objeto, y las velas de cera y esperma; mientras que hoy son innumerables los sistemas de alumbrado, haciéndose difícil decidir cuál sea el mejor de ellos.

—La primera mejora que se introdujo, á lo que creo—dije—, fué la de Argand.

—Ya poco antes—dijo Don Juan—se había adoptado la modificación de encerrar el aceite en un depósito de nivel constante en comunicación con una torcida plana, y de dotar á la luz de un reflector; sistema que ha estado en uso hasta hace muy poco, y que lo está todavía para el alumbrado público en aquellos pocos lugares adonde no han llegado todavía el gas, ni el alumbrado eléctrico, ni el de acetileno.

—Entonces, á esa innovación seguiría la de Argand.

—Sí; esa data de 1789.

—¿Y en qué consiste la lámpara de Argand?—preguntó Gonzalito.

—Primeramente, en el depósito de aceite de nivel constante; en segundo lugar, en el quemador ó mechero de doble corriente de aire; y en tercero, en el tubo de vidrio para proporcionar á la combustión el tiro necesario.

—¿Y cómo es ese quemador?—volvió á preguntar.

—Consiste en dos tubos metálicos concéntricos, por entre los cuales pasa la torcida, que es cilíndrica y que llena por completo el espacio entre los dos tubos, la cual torcida puede subirse y bajarse, á voluntad, mediante una cremallera ó varilla dentada á que se imprime movimiento con un botón. Después de Argand, otro fabricante hizo que el tubo de vidrio pudiera correrse á voluntad hacia arriba ó hacia abajo, para poder graduar el tiro. Y con la lámpara de Argand sucedió lo que con otras invenciones y descubrimientos: que fué otro que el autor quien se

llevó la gloria ó, por lo menos, el nombre de ellos, pues la lámpara de Argand es más conocida por *quinqué,* que era el nombre de uno de los oficiales que trabajaban en su casa.

—Después de Argand han menudeado tanto las invenciones de lámparas y sistemas de alumbrado, que es difícil ó imposible llevar la cuenta de todos—dije.

—La modificación más notable—prosiguió diciendo Don Juan—fué la de Carcel, que tuvo la idea de sustituir el depósito de aceite de nivel constante por un mecanismo de relojería que hace subir el aceite hasta el nivel de la mecha; sistema éste que experimentó grandes perfeccionamientos en los años siguientes.

—Pero todos esos sistemas han caído en desuso ante el alumbrado de gas y el eléctrico—dije.

—En gran parte, sí; pero todavía se usan las lámparas de Carcel en los faros y en otros casos particulares; pero antes de la invención del alumbrado eléctrico, lo que verdaderamente acabó, ó poco menos, con las lámparas de aceite, fueron las de petróleo, que todavía están extendidísimas, y de las cuales las hay en extremo ingeniosas y sencillas.

—¿Y cuál será el sistema de alumbrado que prevalecerá al fin?; porque el eléctrico tiene hoy varios competidores; particularmente, el de gas acetileno parece muy fácil que lo suplante.

—En donde se pueda utilizar la fuerza del agua, aventajará el alumbrado eléctrico en baratura á cualquiera otro.

EPÍLOGO

Me disponía á ir al día siguiente á casa de Don Juan, donde esperaba asistir á una interesante conferencia sobre la electricidad y sus aplicaciones que estaba ya anunciada, cuando una carta que recibí de mi casa me obligó á poner término á mi temporada de verano, con gran disgusto mío, porque había pensado prolongarla.

Fuí, pues, á casa de Don Juan, pero no á departir con él ni á presenciar sus lecciones, sino á decirles adiós á él, á su familia y á sus discípulos, hasta el año siguiente, que les prometí regresar, no por cortesía, sino por el gusto de conversar con ellos, de asistir á sus amenas é instructivas conferencias y de ver por mis propios ojos el desarrollo de sus trabajos.

UNED

FE DE ERRATAS

con comentarios y observaciones sobre ellas y sobre varias otras cosas de este libro.

Pocos meses habían pasado desde mi veraneo en Peñaguda, cuando volví allí de nuevo para someter al juicio y censura de Don Juan y de aquellos de sus discípulos que me oyeran, el presente libro, ya compuesto, aunque todavía no publicado en aquella sazón.

Gran sorpresa produjo allí mi llegada, y aún mayor y nada agradable fué para Don Juan el motivo de ella, por sentirse herido en su modestia al verse así expuesto ante el público y elogiado tan excesivamente como, á su parecer, lo era él en mi obra.

En las veladas que seguían á las horas del trabajo, y en torno del anchuroso hogar en que ardían gruesos troncos de encina —porque estábamos en invierno—, se la fuí leyendo á Don Juan y á varios de sus discípulos, entre los cuales estaban Juanito, Julio, Paquito, Fernando y Gonzalo, que figuran en ella. Y no se conformaron con oirla leer, sino que todos quisieron seguir mi lectura con sendos ejemplares en la mano, que tuve que pedir por correo y que me fueron prontamente remitidos.

Excusaré muchos comentarios y observaciones que se les ocurrieron, ya á Don Juan, ya á algunos otros de mis oyentes y lectores, y me detendré sólo en algunos que, bien por versar sobre erratas, bien por cualquier otro motivo, merezcan ser conocidos.

Al llegar á la 4.ª línea de la página 19, y al leer la palabra «desarrollan», que es la penúltima de ella, dijo Don Juan:

—Este verbo en plural es una errata.

—Es cierto—repliqué—; debiera decir «desarrolla», y no «desarrollan», porque...

—No siga usted—exclamó Don Juan, interrumpiéndome—; deje usted que lo diga Juanito.

—Ese verbo debe estar en singular—dijo Juanito—por estar en singular el sujeto de la oración á que pertenece, que es la palabra *ejercicio;* porque el verbo de una oración tiene que concordar en número con el sujeto de ella.

—Has dicho muy bien—contesté—; el ejercicio *desarrolla,* pero no *desarrollan,* los músculos.

—Aquí hay otra errata—dijo Fernandito al oirme leer la pala-

bra *trazarlo*, penúltima también de la 5.ª línea de la página 25—. Debe decir *trazarla*, y no *trazarlo*, porque se refiere á la circunferencia, de la que muy poco más arriba se acaba de decir que se *la* traza con el compás.

—Estás en lo cierto, Fernandito—le contesté—. El pronombre debe concordar en género y en número con el nombre á que sustituye.

En la 5.ª línea de la página 30 comenzando á contar por abajo, echaron todos de ver la errata de poner «componen» en plural, cuando por ser singular el sujeto «cada uno de ellos», debiera estar también en singular el verbo. Hay que leer, pues: «Cada uno de ellos se compone», y no «se componen».

También en la 5.ª línea de la página siguiente (la 37) comenzando por abajo, se advierte la falta de un *del* entre «alrededor» y «Sol», porque «alrededor Sol» no tiene sentido.

—Me parece—dijo Julio al oirme leer en la página 39: «El peso es *quien* hace remontarse á las nubes y á los globos»—que me hace usted expresarme incorrectamente, porque el pronombre *quien* sólo sustituye á una persona, pero no á una cosa, como lo es el *peso*.

—Poco á poco—le contesté—; nuestros buenos autores del que llaman siglo de oro usaban muy frecuentemente el *quien* en representación de cosas, y no hay incorrección en imitarlos, por más que lo más corriente y acostumbrado hoy sea sólo emplear el pronombre *quien* en sustitución de personas, y valerse de *el que ó lo que* tratándose de cosas. Teniendo eso en cuenta, puede usarse, pero no debe abusarse del *quien* en casos como el presente. Otra propiedad, no bien conocida de muchos, tiene ese pronombre *quien:* la de hacer á singular y á plural, aunque lo más común sea en los casos de plural decir y escribir *quienes*. Tampoco conviene, por no ir en contra de la costumbre, abusar de esa libertad de emplear *quien* refiriéndose á plurales.

Proseguida la lectura, advertimos todos que hay error en la nota de la página 43, donde se hace llamada á la de la página 31; porque en esta última nota no se trata del asunto á que en aquella otra se hace referencia. Investigado el caso, vimos que la llamada que se hace en la aludida nota de la página 43 es á la que hay al pie de la 58.

También en la página 46, al hablarse del sifón, se dice del tubo *bc* lo que debiera decirse del *ab*, y de éste lo que del otro. Hay, pues, que leer *ab* donde se dice *bc*, y *bc* donde se dice *ab*.

Suscitóse una discusión al leer la explicación que lleva el grabado de la página 52, sobre si debe escribirse *esplanada*, mejor que *explanada* como allí se pone.

—La preposición latina *ex*—dijo Don Juan—expresa aleja-

UNED

miento, separación, supresión, y ha pasado á nuestra lengua castellana en la forma *des* ó *es*, por lo cual decimos *deshacer, desheredar, destronar, despistar, destruir, desterrar*, y otras muchas voces semejantes, que muchas veces pierden la *d* inicial, como en *escoger, esforzar, estirar, estender, estrañar*. No hay inconveniente en sustituir por una *x* la *s* y escribir, como generalmente se hace hoy, *extrañar, extender, exponer;* pero es menos conforme á la índole del castellano escribir así esas palabras que de la otra manera. Sobre todo—agregó Don Juan—, es una inconsecuencia escribir *extender* y *extraer*, verbigracia, con *x*, y *estirar* y *escoger* con *s*. Y en cuanto á *esplanada*, en el sentido en que se emplea aquí esa palabra, no veo razón alguna para escribirla con *x*, porque no se trata del participio del verbo *explanar*, que puede admitir esa *x*, sino de una superficie llana de terreno, que es muy otra cosa. Tengo, pues, por una errata esa *x*.

—Aquí hay otra—dije yo al leer la palabra *hinchando* que se halla al final del segundo párrafo de la página 54—. ¿Sabes tú por qué, Julio?

—Porque se trata del verbo *henchir*, y no del verbo *hinchar*—me contestó—. Lo que debiera decir ahí es: «abriendo la válvula contraria é *hinchendo* el cuerpo de la bomba.»

—¿Sabes tú bien la diferencia que hay entre los significados de esos dos verbos, Juanito?

—Yo creo—me contestó éste—que *hincharse* una cosa es dilatarse, ocupando mayor volumen que el suyo normal y corriente, y *henchirse* llenarse de algo, pero sin adquirir más bulto que el que naturalmente tiene.

—Muy bien contestado—le dije—. ¿Sabes conjugar esos verbos?

—El verbo *hinchar*—me replicó—se conjuga como el verbo *amar*, diciendo: *hincho, hinchas, hincha, hinchamos, hinchái*s, *hinchan; hinchaba, hinchabas...*

—Basta—le dije—. ¿Y el verbo *henchir?*

—El verbo *henchir* se conjuga como *regir, pedir, freir, elegir*, y otros semejantes de la tercera conjugación, diciéndose: *hincho, hinches, hinche, henchimos, henchís, hinchen; henchía, henchías, henchía...*

—Está bien, Juanito; eres todo un gramático.

Al leer yo en la página 92 lo siguiente: «El tornillo representado tiene el filete de sección rectangular, *pues* los hay de sección triangular, etc.», no pude menos de advertir, y así se lo manifesté á mis oyentes, que hubiera sido más propio escribir: «... *pero* los hay de sección triangular», etc.

—Yo no entiendo bien la figura de estas balas—dijo Gonzalito refiriéndose á los grabados de las páginas 93 y 94—, porque en lugar de llevar anillos salientes de plomo ú otro metal blando

que entren y agarren en los filetes de las rayas, como en el texto se dice, llevan unas ranuras ó surcos.

—Ha sido una inadvertencia—le contesté—. Esos huecos representados en el grabado son aquellos en que se sujetan los anillos de que tú hablas, y que deben sobresalir de la superficie de la bala para agarrar en las rayas. El dibujante trazó los surcos y no los anillos que van sujetos en ellos. Vamos, se quedó en la penúltima etapa de la fabricación.

En la última línea de la página 94 falta un verbo, que puede ser *lanzarse, arrojarse* ú otro análogo para completar el sentido del período. Advirtiéronlo mis oyentes, y yo, haciendo memoria, pude recordar que en las cuartillas se empleaba el de *lanzarse*, diciendo de esta manera: «... estirar los brazos hacia arriba y lanzarse de cabeza...»

—¡Qué atrocidad!—exclamé al ver en la nota que va al pie de la página 95: $V \times v = p \times P$, debiendo poner, como en el texto claramente se indica: $V \times p = v \times P$.

—Explíquenos usted bien eso—me dijo Juanito.

—Es muy sencillo—le contesté—. El producto de la velocidad que lleva la bala, que se representa por V, por el peso de esa misma bala, que está representado por p, es igual al producto de la velocidad v del cañón en su retroceso por el peso P del cañón.

Al leer el último párrafo de la página 108 me llamó Don Juan la atención sobre la dificultad con que tropieza el lector para acertar con la figura á que en el principio del mismo se alude.

—Tiene usted razón—le dije—. Debe leerse de esta manera: «En la misma figura que representa la cabria de peón, se ve el carro fuerte», etc.

También advertí en la 5.ª línea de la página 113 la errata de haber puesto «todas clases» por «toda clase».

—¿No está bien acaso decir «construcciones de todas clases»?—preguntó Julio.

—No te diré que sea una falta muy grave—le contesté—; pero invierte el período diciendo: «era también muy usado por los antiguos romanos en *todas clases* de construcciones», y verás cómo te disuena.

En el cuarto párrafo de la página 137 se echan de menos las palabras «vasijas representadas» después de «Las demás» con que comienza.

—¿Qué quiere decir esto de «combinaciones condenadas hoy por todos los críticos de arte»? ¿Es acaso epígrafe ó título de lo que sigue?—preguntó Gonzalito al llegar á aquella parte de la página 175 en que están esas palabras.

—Esas palabras que has dicho son la conclusión del párrafo anterior, y deben estar separadas de la última, en que parece aca-

bar ese párrafo, pero en que no acaba, por un punto y coma; debiendo, por consiguiente, estar escrita con minúscula la palabra *combinaciones*, que se refiere á las mezclas de arcos y arquitrabes de que acaba de hablarse.

La 5.ª línea del segundo párrafo de la página 190 debe comenzar, no por *ba*, sino por *bia*, para completar la palabra *debia*, en cuya primera sílaba acaba la línea precedente.

Al final de la página 213 y al principio de la siguiente se halla la voz *hendija*, que le chocó á Gonzalito.

—¿No estaría mejor dicho rendija?—me preguntó.

—De ninguna manera—le contesté—; *hendija*, como *hendidura*, de que es sinónimo, sale del verbo *hender*. *Rendija*, que es una hendija reabierta ó aumentada, estaría bien escrita si llevara una *h* después de la *e* y fuera *rehendija;* pero, de cualquier modo, una *hendija* no es siempre una *rehendija*.

En la página 219 se lee *anclas* debajo de la figura que representa uno solo de esos artefactos, debiendo, por consiguiente, ser *ancla* en singular, y no en plural, lo que el letrero diga. Esa pequeñez no pasó inadvertida á Juanito, que fué el que me llamó la atención sobre ella.

La primera palabra de la página 241 debe ser *sea*, en subjuntivo, y no *es*, en indicativo. Don Juan me lo advirtió, y yo traslado á mis lectores su advertencia.

Los números que llevan al pie las dos últimas figuras de la página 248 están equivocados, debiendo ser *4* el que es 3 y *3* el que es 4. La lectura del texto y la inspección de las figuras lo dicen.

La figura 10 de la página 256 está invertida.

Donde dice, en la página 259, «*platillo* músicos chinos de ese metal», debe decir «*platillos* músicos chinos», etc., porque el nombre debe concordar en número con sus adjetivos.

En el cuarto párrafo de la página 268 se lee: «... la fusión, la soldadura, el *calcinado*», etc.; debe leerse: «... la fusión, la soldadura, el *laminado*».

En la 4.ª línea comenzando por abajo de la página 272, donde dice: «... en el *torno de* metal que en el de la madera», debe decir: «... en el *torneo del* metal que en el de la madera».

Hacia la mitad de la página 290, donde se lee: «... verá por todos lados tocándose la bóveda celeste», etc., debe decir: «... verá por todos lados tocándose *con* la bóveda celeste».

En el penúltimo párrafo de la página 292 se lee *todavio* por *todavia;* en la 2.ª línea del segundo párrafo de la página 299, «pero los pesos *en* ellos» por «pero los pesos *de* ellos»; en la 4.ª línea del segundo párrafo de la 300, «... por dos astrónomos *en*», en lugar de «... por dos astrónomos *con*»; en el título del capítulo XXXV, *aparato* por *aparatos;* en la 4.ª línea del tercer párrafo de la pági-

na 305, «producir la tierra» por «producir á la tierra»; en la 1.ª línea de la página 323, «de las *dos* clasificaciones» por «de las clasificaciones»; en la 3.ª línea del 5.º párrafo de la página 346, «disposión» por «disposición».

Todas esas erratas fueron advertidas por uno ú otro de los oyentes y lectores, que me llamaron la atención sobre ellas.

—¿Por qué—me preguntó Fernandito cuando llegué en mi lectura al fin de la página 339, donde se trata del trigo—se indica aquí que se vea la figura de la página 329, que representa un grano de cebada, según reza el letrero que va al pie de ella?

—Porque esa figura—le dije—representa realmente un grano de trigo y no de cebada. El letrero está equivocado.

Al leer el 5.º párrafo de la página 334, en que se habla de la siembra del mijo, advertí la grave errata que se había cometido poniendo que debe sembrársele *más* hondo que el maíz, en lugar de *menos* hondo, que es lo que debió ponerse.

—¿Sabe usted—me dijo Gonzalito cuando hube acabado de leer la explicación que en las páginas 292 y siguientes pongo en boca de Joaquinito—que he estado observando la eclíptica, como le prometí á Joaquinito, y que, por lo que he visto y por lo que me ha dicho Don Juan, he venido á saber que la constelación de *Aries* no es la que sale y se pone con el Sol el 21 de Marzo, sino la de *Piscis?*

—Es muy cierto—le contesté.

—Entonces, ¿por qué no enmendó usted la plana á Joaquinito cuando nos dijo que en ese día 21 de Marzo estaba el Sol en la constelación de *Aries,* y por qué en todos los almanaques se lee que el 21 de Marzo entra el Sol en *Aries?*

—Porque hubiera sido—le repliqué—complicar mucho las cosas y confundiros sobre la esencia de ellas, el interrumpir á Joaquinito para corregir sus noticias, que estaban muy al alcance de todos vosotros. Lo que él dijo, es lo que generalmente se admite que pasa y era lo que pasaba en tiempo del astrónomo griego Hiparco, que vivió hace unos veinticinco siglos; pero desde entonces acá, en virtud de un movimiento del eje de la Tierra que se llama *precesión de los equinoccios,* los puntos en que se cruzan el *ecuador* y la *eclíptica* han ido corriéndose, y hoy ya no coinciden el Sol y la constelación de *Aries* en la entrada de la primavera, sino el Sol y la constelación de *Piscis,* calculándose que dentro de veinte y tantos mil años volverán á coincidir el Sol y la dicha constelación de *Aries* el 21 de Marzo, como antes sucedía. Pero con todo, se sigue llamando *Aries* á la región de la eclíptica en que entra el Sol en primavera, y por eso lo consignan así los almanaques. Son cuestiones demasiado profundas para tratadas superficialmente; pero cuando estudies la Cosmografía en serio, si llegas alguna vez á es-

tudiarla, te enterarás, no solamente de ese movimiento del eje de la Tierra á que aludí antes, sino de otros muchos que tiene y que no pueden caber en los compendios de aquella ciencia.

—Otra cosa—me dijo Gonzalito—: veo que unas veces pone usted en el libro *sustancia, oscuro, Setiembre,* y otras *substancia, obscuro, Septiembre;* ¿cómo está bien dicho?

—De ambas maneras puede decirse; pero á mí, como á Don Juan, me gustan más aquellas formas en que menos letras se emplean, porque son las más propias del castellano y las únicas usadas por los autores antiguos.

—He observado también—agregó Gonzalito—que hace usted frecuente uso de la voz *sendos;* ¿cuál es el propio y legítimo significado de ella?

—El que dice el *Diccionario de la Academia*—contesté—; esto es, dos ó más cosas para otras tantas ya antes nombradas ó que inmediatamente se nombran. Así, por ejemplo, cuando decimos que «los hombres llevaban sendos bastones», hay que entender que cada hombre de aquellos de que se trata llevaba un bastón; ó que «de los cabos de la cuerda pendían sendos cubos», que la cuerda llevaba amarrado un cubo en uno de sus extremos y otro en el otro.

»Pero hay que tener mucho cuidado con no cometer errores en el empleo de ese adjetivo, poniéndolo en singular, ó posponiéndolo al nombre sustantivo que califique, ó haciéndole ir precedido de artículos ó pronombres. No puede decirse *bastones sendos,* ni *cubos sendos,* por ejemplo, sino *sendos cubos* ó *sendos bastones.* Tampoco se puede decir, por ejemplo, «las dos naciones pusieron en campaña *sus sendos* ejércitos», sino *sendos ejércitos,* y si fuera indispensable poner el *sus* habría que decir *respectivos,* y no *sendos.*

»Ten esos preceptos muy en cuenta para no incurrir en errores en el uso de ese adjetivo. Y no te sorprenda el frecuente uso que hago de él en mi libro, porque es ese adjetivo el único distributivo que tenemos en castellano y ahorra muchas palabras en el discurso.»

—Y ahora, díganos usted, con franqueza—: todas esas erratas que hemos advertido, ¿son de los cajistas ó de usted?—me preguntó Don Juan.

—Entre todos hemos hecho el libro y entre todos también las erratas, señor Don Juan. Ya sabe usted que *errare humanum est,* lo que dicho en castellano significa...

—¿Qué significa, Gonzalito?—exclamó Don Juan, sin dejarme acabar.

—Que el errar es propio de hombres—contestó el interpelado.

FIN

ÍNDICE

Págs.

PRÓLOGO 7

Capítulo primero.—Cómo enseñaba Don Juan á sus hijos y discípulos 13

Capítulo II.—La gravedad y la fuerza centrífuga 28

Capítulo III.—Más sobre la gravedad.—La presión atmosférica 39

Capítulo IV.—Elasticidad de los gases é incompresibilidad de los líquidos 49

Capítulo V.—Las bombas y la prensa hidráulica 52

Capítulo VI.—La circulación de la sangre 59

Capítulo VII.—Sólidos, líquidos y gases.—El calor.—Fuerzas moleculares.—Cuerpos simples y compuestos.—El agua, el hielo y el vapor.—Máquinas de vapor 63

Capítulo VIII.—Transformaciones de unos movimientos en otros 72

Capítulo IX.—Sistema que siguió Don Juan para la fabricación del globo terrestre 82

Capítulo X.—Cimentación de un edificio.—Maza de Fraga. 87

Capítulo XI.—La cuña, el plano inclinado y el tornillo.—Fabricación de las partes subterráneas de un edificio 90

Capítulo XII.—Las piedras de construcción 96

Capítulo XIII.—Las canteras.—La famosa piedra de Balbek.—Catacumbas.—Molinetes.—Ruedas de clavijas.—La pizarra, la mica y el talco 101

Capítulo XIV.—Aparejos de piedras y modos de construir. 111

Capítulo XV.—Corte de piedras 117

Capítulo XVI.—Los ladrillos 121

Capítulo XVII.—La cerámica en general 129

Capítulo XVIII.—El vidrio y el cristal 143

Capítulo XIX.—Los cuerpos de la Naturaleza.—Cuerpos simples y compuestos.—Combustión.—El carbón.—Oro, diamante, agua, azufre.—Calor latente 153

Capítulo XX.—La cal, el yeso y los morteros 159

Capítulo XXI.—La arquitectura.—Estilos megalítico, americano, ciclópeo, indio, egipcio, asirio, griego, romano, bizantino, románico, gótico y arábigo 164

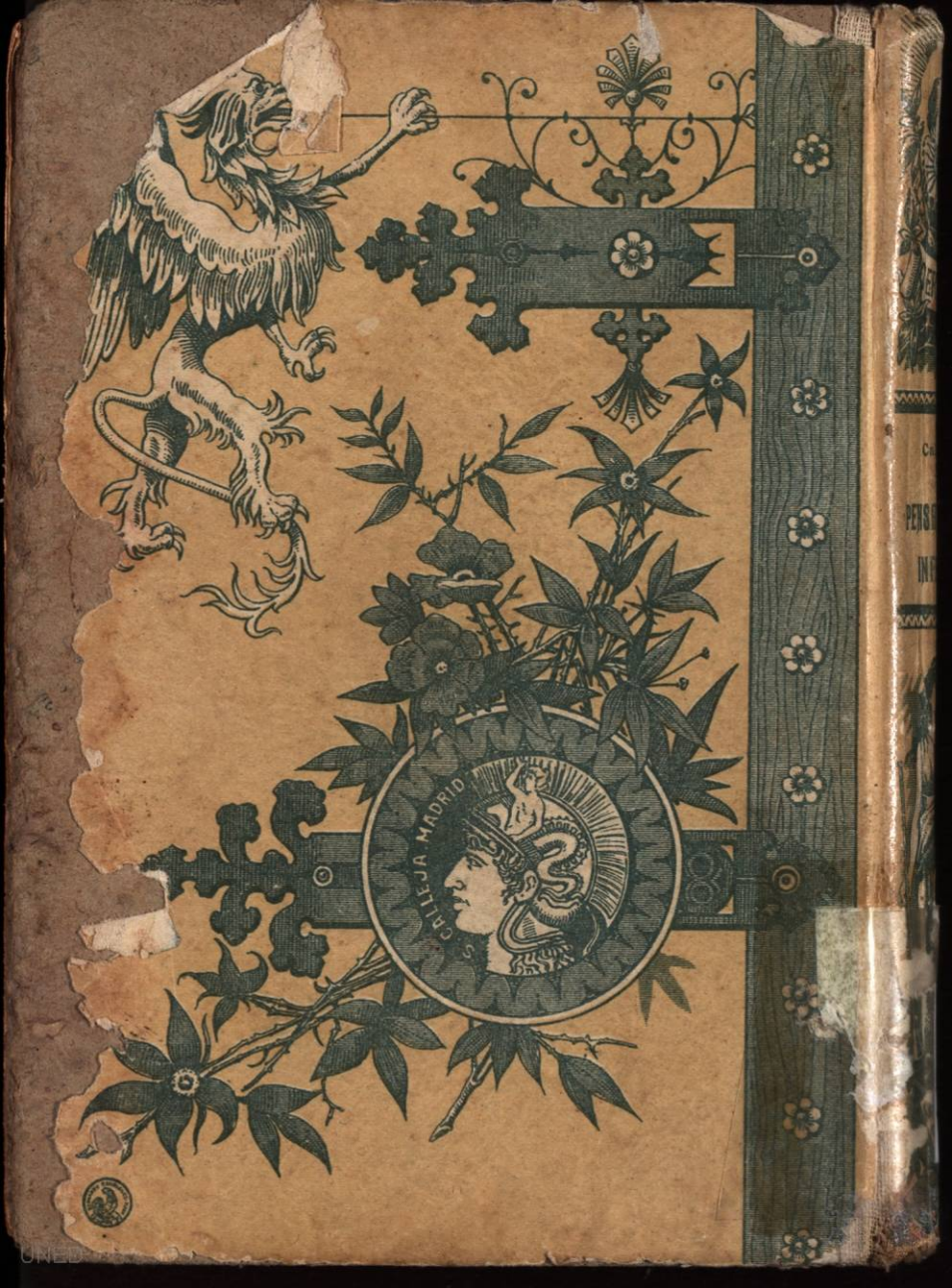
UNED

Págs.

Capítulo XXII.—Otras aplicaciones de las piedras.—Estatuas.—Reproducción de obras artísticas..... 187
Capítulo XXIII.—La madera.—Empalmes y ensambladuras.—Varias clases de maderas.—Sierras.—Herramientas de carpintero.—Casas de madera.—Casas rústicas. 194
Capítulo XXIV.—Ligeras ideas sobre construcción naval.. 208
Capítulo XXV.—Arboladura y aparejo de un barco..... 214
Capítulo XXVI.—Cómo navega un barco de vela.—Composición y descomposición de fuerzas..... 220
Capítulo XXVII.—Centro de gravedad y equilibrio..... 230
Capítulo XXVIII.—La tornería.—Transmisión de rotaciones..... 233
Capítulo XXIX.—La industria del hierro 242
Capítulo XXX.—Otros metales industriales..... 252
Capítulo XXXI.—El trabajo, la energía y las máquinas elementales 260
Capítulo XXXII.—Las herramientas y máquinas para trabajar los metales..... 267
Capítulo XXXIII.—Las fuerzas de la Naturaleza.—Motores industriales.—Las calderas de vapor y los molinos de viento..... 275
Capítulo XXXIV.—La Tierra, el Sol y los planetas..... 287
Capítulo XXXV.—El drenaje y el riego.—Aparatos para elevar el agua..... 304
Capítulo XXXVI.—Las tierras de cultivo.—La vida de las plantas.—Incertidumbre de las clasificaciones..... 317
Capítulo XXXVII.—Los cereales.—Recolección y molienda del trigo y fabricación del pan..... 324
Capítulo XXXVIII.—La cerveza..... 341
Capítulo XXXIX.—La vid y el vino..... 347
Capítulo XL.—Las plantas leguminosas..... 357
Capítulo XLI.—De las plantas que se cultivan por sus raíces.—Del azúcar y su fabricación..... 361
Capítulo XLII.—Los prados.—Las plantas textiles..... 375
Capítulo XLIII.—El huso, la rueca, el torno, las máquinas hiladoras y tejedoras.—El papel..... 381
Capítulo XLIV.—Los árboles..... 392
Capítulo XLV.—Del olivo y de los aceites vegetales y animales.—La ballena..... 399
Capítulo XLVI.—El jabón y las velas..... 406
Capítulo XLVII.—El alumbrado..... 411
EPÍLOGO 412
Fe de erratas..... 413

UNED

1000036718 4BICE
L.T. 490


S. CELEJA MADRID

Culleja

—

PENSAMIENTO INFANTIL

L.T. 490