

En la Exposición de 1878 se exhibieron varias máquinas de fabricación de hielo: las Sulzer, en las cuales los vapores amoniacales, en lugar de disolverse en el agua, resultaban liquidados por una bomba de compresión;—la máquina Tellier, basada en el frío que produce la evaporación del éter metílico en el vacío, y en su licuefacción por condensación; una bomba de doble efecto aspirante é impelente produce estos dos efectos opuestos en las dos partes esenciales de que se compone tan ingeniosa máquina, ó sean el *frigorifero*, especie de caldera tubular que contiene éter líquido, y el *condensador*, capacidad cilíndrica que encierra un serpentín enfriado por una corriente continua de agua fría; la máquina Tellier da 200 kilogramos de hielo por hora, cuyo coste es de 2 céntimos el kilogramo;—las máquinas inglesas de la *Atlas Company*,

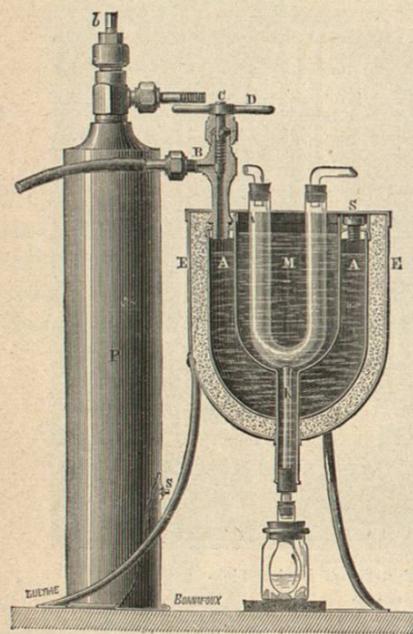


Fig. 732.—Frigorifero de C. Vincent

que emplean éter en lugar de amoníaco y fabrican 1,000 kilogramos en 24 horas;—la máquina Giffard, que se vale del aire comprimido y de su expansión para producir frío y da 3,000 kilogramos diarios de hielo á 1,5 céntimo el kilogramo;—y por último, la máquina de M. Raúl Pictet, fundada en la evaporación del ácido sulfuroso líquido, y que representamos en la figura 731. Este último aparato se compone de tres partes principales: el condensador, el congelador y el sistema de bombas aspirantes é impelentes con las cuales se hace el vacío que produce la evaporación del ácido sulfuroso líquido, y luego la vuelta de los vapores al estado líquido por efecto de su condensación. Esta máquina da 1,000 kilogramos de hielo por hora. Un motor horizontal de la fuerza de 50 caballos hace funcionar las bombas: para fabricar 22 kilogramos de hielo se gasta un kilogramo de hulla, lo que, considerados todos los demás gastos, hace que salga á medio céntimo el coste de cada kilogramo.

Para terminar la enumeración de estos aparatos de producción industrial del frío, mencionemos también, por más que sirva con preferencia para las investigaciones científicas, el *frigorifero* Vincent, cuyo modo de funcionar comprenderemos examinando la figura 732. Vincent ha procurado utilizar las propiedades del cloruro de metilo, que entra en ebullición á la baja temperatura de 23 grados bajo cero. He aquí, según Schutzenberger, la descripción y uso del aparato en cuestión:

“El frigorifero Vincent se compone de una vasija cilíndrica de cobre AM, de dobles paredes, entre cuyos intervalos AA se puede introducir cloruro de metilo por una llave BC, formada de un vástago de acero terminado en un cono que se adapta á una hembra de bronce y que se puede manejar fácilmente con el mango D. Un tornillo metálico S, aplicado sobre una rodaja de plomo, cierra un segundo orificio que pone el espacio anular en comunicación con el aire ambiente; en el momento de llenar el aparato, se alaja un tanto este tornillo para dejar escapar el aire.

„La provisión de cloruro de metilo está en un cilindro de cobre P que sirve para su transporte y que tiene una llave de tornillo *b* semejante á la del frigorifero, haciéndose pasar fácilmente el líquido á este último aparato por un tubo de goma reforzado con una cubierta de lienzo. De este modo se pueden introducir unos dos kilogramos y medio de cloruro de metilo en el frigorifero.

„En la vasija central se echa un líquido incongelable, como el alcohol, para formar un baño en el cual pueden meterse los cuerpos que se han de enfriar, y especialmente el tubo K, al través del cual se hacen circular los gases destinados á la licuefacción. El cilindro está rodeado de una materia poco conductora del calor, como las raspaduras de corcho, sostenida por una envolvente E.

„Para bajar la temperatura del baño á -27° basta abrir la llave; si por el contrario se la quiere hacer llegar á -50° , se enlaza la llave del frigorifero con una buena máquina neumática. Un aparato doble, compuesto de dos frigoriferos y una bomba aspirante é impelente movida por un volante, permite evitar la pérdida del cloruro y condensarlo de nuevo después de su evaporación.

Con el frigorifero sencillo se puede hacer un gran número de experimentos de laboratorio, por ejemplo la licuefacción de gases ó la congelación de líquidos, experimentos que requerían antes el uso costoso del protóxido de ázoe líquido ó del ácido carbónico sólido. El aparato de bomba aspirante é impelente con el cual se puede hacer sucesivamente el vacío en el frigorifero para obtener una temperatura más baja, y recuperar en seguida el cloruro en estado líquido por la condensación, puede servir para los usos domésticos lo mismo que para los del laboratorio, obteniéndose con él hielo rápidamente.

M. Vincent ha hecho construir también grandes máquinas frigoríficas, merced á las cuales las aplicaciones industriales recibirán sin duda importante desarrollo.

Una de estas máquinas se compone de tres partes principales: el *frigorifero*, donde se hace la vaporización del cloruro de metilo líquido y donde, como su nombre lo indica, se produce el frío; el *licuefactor*, aparato en que el vapor comprimido vuelve á pasar al estado líquido, y la *bomba aspirante é impelente*, cuya acción tiene el doble objeto de recoger el vapor al salir del frigorifero y de impelerlo comprimido al licuefactor. En marcha normal, la presión en esta parte de la máquina varía entre 3 y 4 atmósferas, según la temperatura del agua empleada en la refrigeración. El grado de vacío en el frigorifero oscila entre 0 y 0,5 atmósfera, según el grado de frío que se quiera obtener. Una de estas grandes máquinas puede producir de 100 á 500 kilogramos de hielo por hora.

El uso del cloruro de metilo tiene otras ventajas aparte de su gran potencia frigorífica; este líquido no altera los metales; los obreros pueden respirar sin inconveniente sus vapores, de olor suave, y por último, es un producto de fabricación corriente.

IV

VARIAS APLICACIONES DE LAS MÁQUINAS DE FABRICACIÓN DE HIELO Y APARATOS FRIGORÍFICOS

Después de haber descrito con los detalles necesarios los procedimientos empleados para producir bajas temperaturas y los aparatos que sirven para la fabricación del hielo, no estará de más que indiquemos varias de las aplicaciones más importantes que los inventores tuvieron en mientes al discurrir máquinas ó sistemas.

La mayoría de las substancias orgánicas, animales ó vegetales, sufren muy pronto, cuando dejan de formar parte de un ser viviente, y á las temperaturas ordinarias y al contacto del aire, una fermentación que no tarda en presentar los caracteres de una descomposición pútrida, tanto más rápida cuanto más elevada la temperatura. Si el frío es suficientemente intenso, la fermentación no es ya posible; no pasa adelante; llenando esta condición la temperatura á 0°.

Naturalmente debía tratarse de aprovechar los fríos artificiales, apelar por ejemplo al hielo, para conservar substancias alimenticias, huevos, carne, caza, pescado, etc., á cuyo fin se ha empezado por construir pequeños congeladores domésticos muy apropiados y bastante económicos. Haremos mención de los que había adoptado M. Pasteur en el laboratorio de la Escuela normal para prolongar el sueño de ciertas simientes de gusanos de seda, para conservar fermentos, etc. Consistía simplemente en una fuente-cilla de arenisca, como las de cocina, puesta en el centro de un tonel y rodeada de un cuerpo mal conductor, como el algodón en rama. En medio de la fuente, y separada de ella con pedazos de hielo, había una caja de hojalata llena de agujeros, la cual contenía los objetos que se habían de enfriar. Bastaba un kilogramo de hielo para mantener una temperatura de 0° por espacio de tres ó cuatro días; el agua de fusión salía por el grifo de la fuente. Instalando en un sótano este sencillo congelador, cualquiera puede conservar en su casa, á poco coste, toda clase de objetos alimenticios que se echarían fácilmente á perder durante los calores del verano.

M. C. Tellier ha ideado con el propio objeto varios aparatos, á los cuales da una forma cualquiera, por ejemplo la de un aparador de comedor; para la conservación de la carne en las carnicerías construía una especie de cisterna abierta en el suelo. En un tronco de cilindro de dobles paredes ponía las carnes suspendidas de una especie de vasar ó de jaula metálica, que se subía y bajaba con una polea. El intervalo que mediaba entre las dobles paredes del cilindro estaba lleno de hielo, y el cilindro protegido á su vez por capas de materias aisladoras amontonadas entre aquél y las paredes de la cisterna. Se podía dar salida al agua de fusión con una pequeña bomba de mano, que la sacaba lateralmente del fondo de la cisterna.

Supongamos estos sistemas generalizados y aplicados en grande escala á todo un buque, y tendremos la disposición adoptada por el mismo inventor para el transporte de carnes de América á Europa. Con este objeto se había acondicionado el *Frigorífico*, buque de 900 toneladas, que hizo un viaje al Río de la Plata en 1876 y volvió á Francia en el mes de julio de 1877 cargado de carne en buen estado de conservación. El medio empleado para mantenerla así toda la travesía consistía en hacer que pasara constantemente por los almacenes en que estaba colgada una corriente de aire seco y frío (1). Los aparatos productores del frío eran los mismos de que ya hemos tratado en

(1) He aquí, según el médico de marina M. Delpeuch, lo que sucede á la carne sometida á estas condiciones: "Se endurece y se seca superficialmente, tomando la consistencia de aponeurosis, ó por mejor decir, de asta, y bajo esta costra de tres milímetros de espesor, se encuentra la carne encarnada y jugosa, tal cual la vemos á las pocas horas de salir del matadero; y en cuanto á tenacidad de la fibra y á solidez y elasticidad de la masa, no se diferencia de la carne fresca. Por último, no despide ningún olor; no siendo esto todo, sino que la carne en cuestión, muerta hace muchos meses, no experimenta, al sacarla del medio artificial en que se la ha conservado, la rápida descomposición que sufre, por ejemplo, la que ha permanecido entre hielo; despojada de la costra protectora que la ha hecho adquirir el aire frío, torna á las condiciones normales de carne fresca, y no se echa á perder sino cuando ha transcurrido el tiempo fijado á ésta por el clima y la estación." A pesar de todas las condiciones aparentes de buen éxito que hacía presagiar este ensayo, la empresa del *Frigorífico* no ha seguido adelante por causas que ignoramos.

el artículo anterior, basados en la vaporización del éter metílico. Colocadas estas máquinas á popa, enfriaban el aire recogido del exterior en un espacio llamado *cámara de frío*, cuyas paredes se cubrían de toda la humedad contenida en dicho aire, en forma de escarcha depositada en su superficie. El aire, enfriado de este modo á unos 2° bajo cero, pasaba por debajo del pavimento de los almacenes ó *cámaras de carne*, preservados del calor exterior por un doble forro de hierro y tablas y una capa de materias (paja cortada y fieltro) interpuesta entre ellas. Una máquina de vapor hacía funcionar las bombas que producían la ventilación constante de las cámaras y la renovación del aire á baja temperatura que necesitaban.

En las cercanías de Nueva-York hay un establecimiento en el cual se conserva el pescado por el frío. Todo el primer piso del edificio lo ocupa una sala de enfriamiento dividida por tabiques en muchos compartimientos. Sus paredes son dobles así como los techos que la separan del piso segundo, estando los intervalos llenos de una mezcla de hielo machacado y sal. En estas habitaciones frías se cuelgan los peces, después de haberlos enfriado y congelado en vasijas de barro, entre capas de hielo y sal marina, poniéndose entonces tan duros, tan rígidos como masas de hielo ó barras de metal. "Se los conserva en tal estado, dice un artículo de *La Naturaleza* del cual tomamos estos detalles, por espacio de un mes y hasta de un año, y al cabo de este tiempo están tan frescos como si los acabasen de pescar, bastando deshelarlos para poderlos cocer fácilmente. Se cogen los peces en verano, cuando la pesca es más abundante, y se los conserva comúnmente hasta el invierno." Recientemente se han hecho en Roma y en Argel instalaciones análogas.

También se conservan las frutas frescas por sistemas parecidos. Así es que los horticultores de las cercanías de San Francisco, no hallando salida á sus frutos, han hecho construir vagones provistos de aparatos frigoríficos, capaces de mantener más de un mes en estado fresco los frutos que expiden por la gran vía férrea del Pacífico á las ciudades de los Estados del Este. De este modo pueden recibir Nueva York, Boston y Filadelfia, en un plazo de diez días, los frutos cosechados en California.

En San Petersburgo se hielan los huevos para conservarlos; en Nueva York, el pescado; en San Francisco es probable que no se hielan los frutos, sino que se contenten con una temperatura bastante fresca para impedir la fermentación.

Pasemos á ocuparnos de otras aplicaciones industriales del frío, más importantes que las anteriores.

M. Raúl Pictet ha utilizado las máquinas de fabricación de hielo para rectificar los alcoholes. Esta operación que, como es sabido, tiene por objeto transformar los alcoholes de *mal gusto* en alcoholes *finos*, es decir, exentos de los éteres y aceites empíreumáticos que los hacen impropios para el consumo, está reducida á estrechos límites en los procedimientos ordinarios, á causa de las temperaturas relativamente elevadas á que se hace la separación de los vapores de los líquidos de varias clases que componen las flemas. Siendo considerable la tensión de cada uno de estos vapores á dichas temperaturas, todos ellos pasan en mayores ó menores proporciones en el trabajo de rectificación.

Basándose M. Pictet en el principio de que "la proporción de alcohol que se evapora de una mezcla es máximum en las bajas temperaturas," se ha propuesto establecer un sistema que realice las condiciones siguientes: 1.º, hacer variable á beneplácito la temperatura del líquido hirviente; 2.º, hacer variable la presión de los vapores que actúan sobre el líquido. "Así pues, dice, para efectuar la rectificación del alcohol basta

suscitar su ebullición á bajas temperaturas y mantener esta ebullición sin cambiar estas temperaturas una vez obtenidas. No nos entretendremos en describir los aparatos y las operaciones en virtud de las cuales M. Pictet ha sabido realizar estas condiciones. Bástenos decir que los órganos que sirven para mantener las bajas temperaturas en cuestión son frigoríficos que contienen anhídrido sulfuroso líquido, y en los que, por la acción de una bomba especial, la evaporación de este ácido ocasiona un descenso de temperatura que varía entre 25° y 50° bajo cero. Por lo demás, son unos frigoríficos en un todo semejantes á los de las máquinas de fabricación de hielo del mismo inventor.

Otra aplicación industrial de las máquinas frigoríficas es la que tiene por objeto el enfriamiento del mosto de la cerveza después de cocido. Cuando esta cocción ha terminado, el mosto pasa desde la caldera por unos tubos de cobre á grandes depósitos poco profundos, llamados *enfriadores* é instalados en graneros perfectamente aireados. Esta operación, merced á la cual se depositan las diferentes sustancias en disolución ó en suspensión en el mosto, puede activarse empleando varios de los frigoríficos cuya descripción hemos dado. Utilizábase asimismo para hacer *cerveza de conserva*, la cual se obtenía antes dirigiendo el producto de la primera fermentación á grandes cubas situadas en cuevas rodeadas de hielo ó *neveras*. Hace algunos años que se ha abierto en el Cairo una cervecería en la que se usan las máquinas Raúl Pictet para hacer el hielo necesario á fin de mantener á baja temperatura las cuevas en que se fabrica la cerveza.

Entre las aplicaciones de las máquinas frigoríficas que, según creemos, no se han llevado aún á cabo, pero que nos parece se llevarán de un momento á otro, figura la ventilación en verano de los grandes salones de reunión, de los teatros, y sobre todo de los hospitales. Este problema de higiene, de tan difícil solución, puesto que hasta ahora apenas se ha conseguido otra cosa que sustituir el aire viciado del interior con el aire puro, mas siempre caliente, del exterior, tendría así una solución. Bastaría hacer pasar previamente el aire exterior por *cámaras de frío* en las que unas máquinas de hielo mantuviesen constantemente una baja temperatura. ¿Costaría mucho esta sustitución? Quizá esté aquí el nudo ó la dificultad de la solución del problema.

CAPÍTULO VII

LA MÁQUINA DE VAPOR

I

EL VAPOR COMO FUERZA MOTRIZ

De todas las aplicaciones del vapor, y aun podemos añadir, de todas cuantas los demás agentes físicos han permitido realizar, no hay ninguna cuya importancia pueda compararse con la del vapor usado como fuerza motriz. Apenas han transcurrido dos siglos desde que se hicieron los primeros ensayos que dieron por resultado la máquina de vapor; aún no hace cien años que empezó ésta á tomar posesión de los talleres, y ya ha producido una revolución en la industria del mundo entero. Después de invadir

las fábricas, la navegación y las vías férreas, se difunde por las granjas y auxilia los trabajos agrícolas. Las consecuencias económicas ó sociales de la sustitución de las fuerzas del hombre ó de los animales por este poderoso motor se desarrollan á nuestra vista con rapidez prodigiosa. No creemos por lo tanto que nuestros lectores lleven á mal el que consagremos varios capítulos al estudio de la máquina de vapor bajo sus variadas formas.

Los antiguos conocían la fuerza elástica del vapor de agua. Sin tener nociones claras, precisas, de sus propiedades físicas —ya se ha visto que los inventores modernos no estaban mucho más adelantados al principio, —habían procurado sacar partido de esta fuerza.

Con tal objeto, Herón de Alejandría inventó la máquina á la que se ha dado el nombre de *eolípila* y otros aparatos en los que entraba en juego la acción del aire comprimido ó dilatado. Vamos á ver, en efecto, que el movimiento de la eolípila tenía por causa la fuerza expansiva del vapor, pero obrando de un modo muy distinto de como obra en las modernas máquinas de vapor.

Consistía en una marmita ó caldera llena en parte de agua, puesta sobre un hornillo y cerrada con una tapadera. En ésta había un tubo hueco y doblado, provisto de una llave, el cual sostenía, penetrando en ella, una esfera metálica hueca que estaba sostenida exteriormente por otro montante igual en el extremo del mismo diámetro. La esfera era, pues, movable alrededor de este diámetro ó eje.

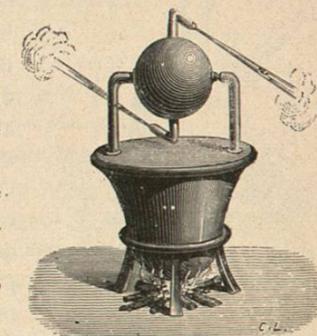


Fig. 733.—Eolípila de Herón de Alejandría

Otros dos tubos huecos y doblados partían de la superficie de la esfera, en los extremos de un diámetro perpendicular al eje. Esto sentado, vamos ahora á comprender la acción motriz del vapor en este pequeño aparato. Se abre la llave, el vapor pasa de la caldera al tubo hueco y llena la esfera metálica: si ésta no tuviese ninguna abertura, permanecería inmóvil, pero el vapor que tiende á ejercer su presión en la superficie interior de la esfera con la misma fuerza en todos los puntos, encontrando dos salidas, se escapa por ellas con ruido condensándose en el aire; la reacción, que le hubiera equilibrado en el caso de estar completamente cerrada la esfera, se ejerce, pues, en sentido contrario, y ésta gira con mayor ó menor rapidez en dirección opuesta á la de la salida del vapor.

La *eolípila* (nombre que significa *puerta de Eolo* ó *puerta del aire*) es, como se ve, una máquina en que la fuerza elástica del vapor obra por reacción. Por lo demás, nunca ha sido otra cosa sino un objeto de física recreativa, aun cuando llamó la atención de los sabios y de los experimentadores de los siglos que precedieron al de Papín, y por más que se le haya descrito proponiendo utilizarlo para hacer dar vueltas á los asadores.

El aparato descrito por Salomón de Caus en su opúsculo titulado: *Las razones de las fuerzas motoras* (1615) es un ejemplo de una aplicación más directa de la fuerza expansiva del vapor. Por la llave D (fig. 734) se introduce agua en la esfera hueca A que se pone al fuego después de cerrar la llave de introducción. Un tubo BC pasa por otra abertura B y llega al agua, pero sin tocar al fondo. Cuando se ha formado sufi-