

concentradas á la acción del calor. La sal se deposita en las calderas donde se efectúa esta segunda operación.

La evaporación de las aguas salinas al aire libre se efectúa del modo siguiente: En un armazón puesto sobre el estanque en el que han de penetrar las aguas se apilan haces de ramaje; aquéllas salen por una serie de caños *a, a...*, de dos artesas AB, CD, situadas en la parte superior de dicho armazón, al cual se da el nombre de *edificio de*

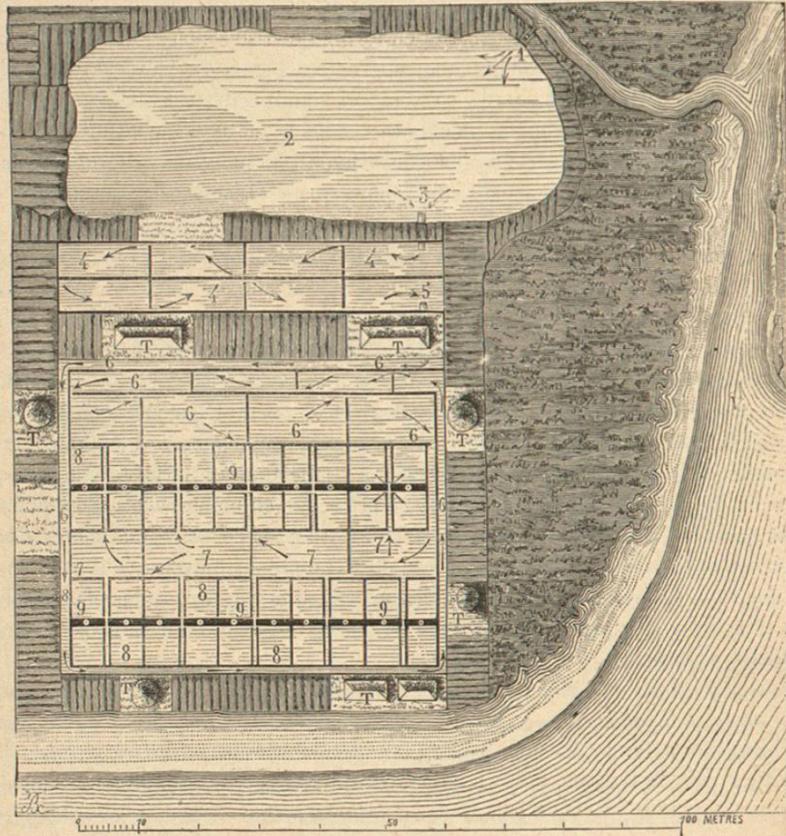


Fig. 718.—Plano de una marisma del Oeste

*graduación*, y que se orienta de modo que su dirección longitudinal sea perpendicular á la del viento más frecuente. El agua corre diseminándose al través del ramaje, de suerte que tiene que presentar una gran superficie al aire libre: la evaporación se efectúa, pues, con gran rapidez, y el agua del estanque es más concentrada que la de las fuentes. Con unas bombas P, P', se la vuelve á subir, hasta que el grado de concentración sea suficiente, y se termina la operación en las calderas.

Conocidas de todos son esas vasijas de tierra porosa llamadas *alcarrazas*, que sirven para refrescar el agua en verano. La propiedad que las distingue se debe al frío que resulta de la evaporación del líquido en la superficie exterior. El agua que rezuma por las paredes, y que se evapora con tanta mayor rapidez cuanto menos saturado de vapor está el aire exterior, más cálido, se reemplaza sucesivamente con agua nueva. El

descenso de temperatura que resulta de esta evaporación impide que el agua de la *alcarraza* se caliente, como sucedería si las paredes de la vasija fuesen impermeables.

Esta evaporación, tan abundante y rápida en las noches claras, es la que motiva la formación del rocío, que es la condensación del vapor de agua del aire, en diminutas gotas, en la superficie de los cuerpos terrestres. Cuando el frío que de ella resulta es bastante intenso, las gotas se hielan y producen la escarcha. En Bengala, donde la temperatura es bastante elevada para que nunca pueda formarse hielo naturalmente, se le obtiene artificialmente. He aquí en qué términos explica Tyndall el medio usado, y la causa del fenómeno físico de que este medio es una aplicación.

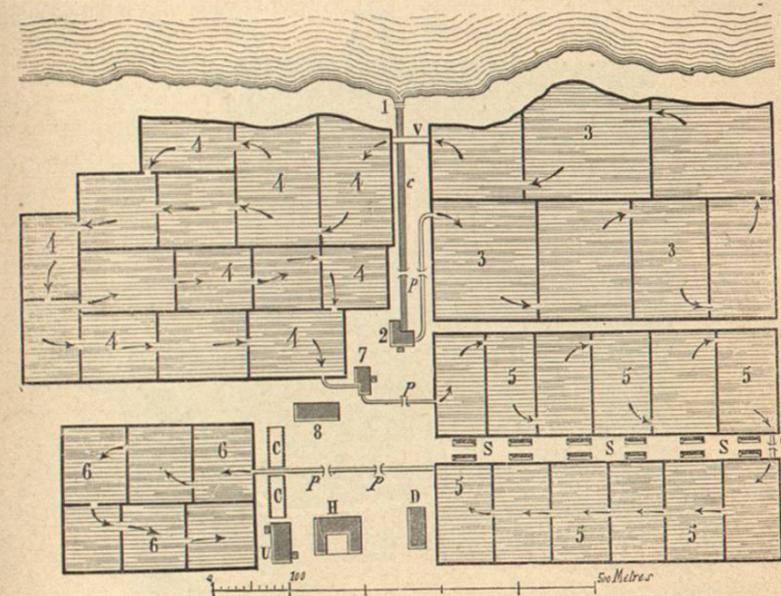


Fig. 719.—Plano de una salina del Mediodía

“Wells (autor de la *Teoría del rocío*) fué el primero que explicó la producción artificial del hielo en Bengala, donde jamás se forma naturalmente. Allí se abren zanjas poco hondas que se llenan de paja, y sobre ésta se ponen al aire libre en las noches serenas unas fuentes planas con agua previamente hervida. El agua tiene gran poder de radiación, despide en abundancia su calor al espacio, y el calor perdido de este modo no puede ser reemplazado por el calor de la tierra, pues la paja, no conductora, lo detiene á su paso. Aún no ha salido el sol cuando ya está formado el hielo en cada vasija. Tal es la explicación de Wells, sin duda la verdadera; pero creo que necesita un complemento. Según las descripciones llegadas hasta nosotros, parece que la condición más propicia para la formación del hielo no es solamente la pureza del cielo, sino también la sequedad de la atmósfera. “Las noches más á propósito para que se forme el „hielo, dice sir Roberto Baker, son las más claras y serenas y durante las cuales *aparece muy poco rocío después de media noche.*” Nótese que he escrito de cursiva esta frase significativa. Para que se produzca hielo en abundancia, no sólo debe estar despejada la atmósfera, sino que además ha de estar comparativamente privada de vapor de agua. Cuando la paja en que descansaban las fuentes se humedecía, se la reempla-

zaba con paja seca; y la razón que daba Wells para justificar esta costumbre es que la paja mojada, y por lo mismo más compacta, obraba como cuerpo conductor. Puede ser; pero también es cierto que al salir el vapor de agua de la paja húmeda y al esparcirse por encima de las fuentes, habría hecho las veces de una pantalla que hubiera detenido el enfriamiento por radiación y retardado la congelación.,,

Las cantidades de hielo que se recogen de este modo, antes del alba, en las fuentes expuestas á la radiación no son muy considerables, como se comprenderá. Según dice L. Rousselet en una narración en que da cuenta del modo de obtener el hielo en

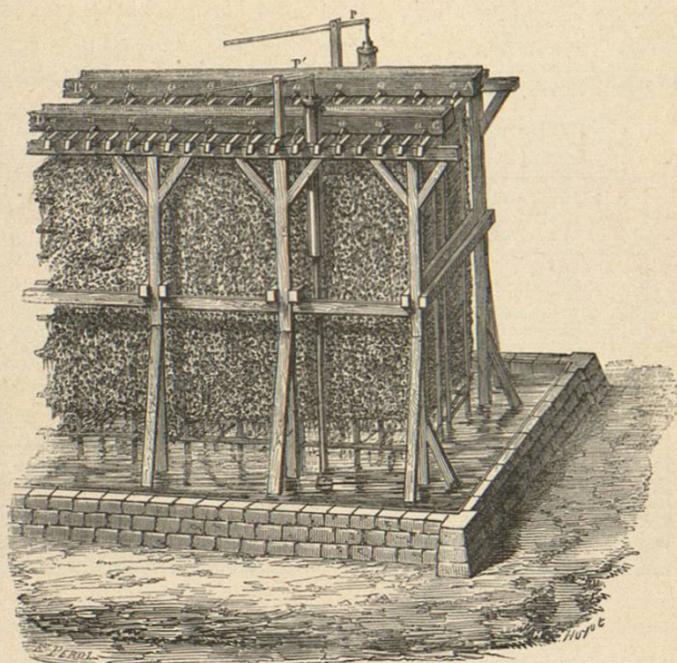


Fig. 720.—Edificio de graduación para la evaporación de las aguas salinas

la India, "á menudo se reduce á una tenue película, pero todos estos fragmentos combinados llegan á formar un hielo bastante compacto, el cual se transporta inmediatamente á unas neveras abiertas en el suelo, donde se conserva bastante tiempo.,,

Este método para formar y recoger hielo está sujeto á inconvenientes que hacen preferible el hielo en grandes masas, tal cual se recibe en las Indias directamente de los lagos Hudson y Ontario. El primero está siempre mezclado con paja y polvo, lo cual impide emplearlo directamente para refrescar las bebidas, y únicamente sirve para mantener á baja temperatura las vasijas que contienen los líquidos. Aparte de esto, la cantidad que se puede obtener por la evaporación natural ó al aire libre, dista mucho de bastar para las necesidades crecientes del consumo de hielo, de uso tan general hoy día en las naciones civilizadas.

En efecto, no tan sólo sirve el hielo para refrescar en verano toda clase de bebidas y para hacer sorbetes, sino también en medicina y cirugía para el tratamiento de ciertas enfermedades ó para curar heridas; así es que su consumo es grande en Europa y

en las demás partes del mundo (1). Se le recoge en grandes fragmentos en Rusia, en Suecia y en Noruega, en el Canadá en la superficie de los lagos, y se transporta por mar á los países meridionales, como acabamos de decir que los americanos lo exportan á la India. Para transportar dichas masas sin que las derrita la temperatura más suave de las regiones que ha de atravesar, se le apila en cajones, por capas rodeadas y separadas con aserrín, bastando la escasa conductibilidad de esta materia para conservar el hielo durante su viaje. A su llegada, se le acondiciona en neveras, de las cuales se le extrae á medida que se va necesitando.

En la fabricación del azúcar de remolacha, cuando se ha purificado y filtrado el jugo, debe pasar éste por una fuerte concentración, á fin de que el azúcar disuelto pue-

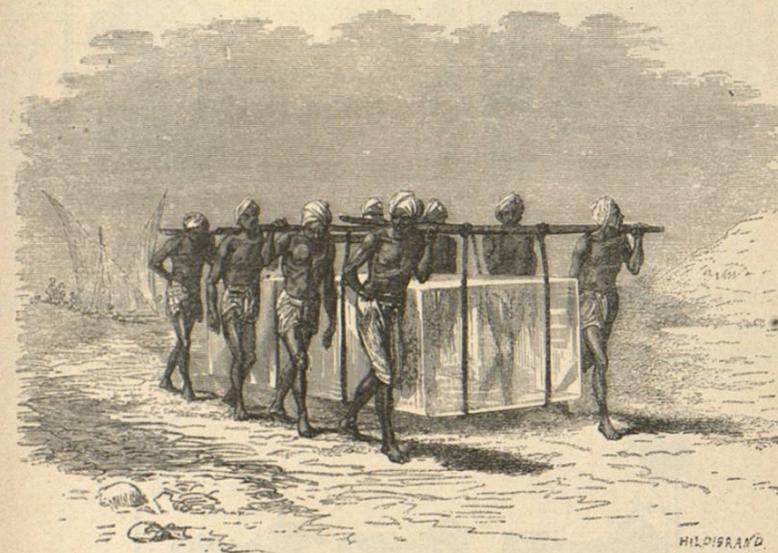


Fig. 721.—Transporte de hielo americano en Bombay

da cristalizarse. Esta concentración se efectúa en dos operaciones, la primera de las cuales consiste en reducir el jugo por evaporación á cosa de la mitad de su volumen primitivo, y á transformarle en *melaza*. 100 kilogramos de jugo dan por término medio 26 de melaza, de suerte que se evaporan 74 de agua. En otro tiempo se caldeaba el jugo en calderas abiertas y por consiguiente á la presión de la atmósfera. En estas condiciones, si la temperatura era muy elevada, originaba un grave inconveniente; por efecto del calor, el líquido se coloraba de pardo, indicio de la transformación de una parte de azúcar cristalizable en azúcar no cristalizable. Para obviar este inconveniente, se han inventado aparatos en los cuales se hace la concentración á presión inferior ó

(1) "El hielo, dice M. Buignet, es uno de los recursos más preciosos de que la terapéutica puede disponer para producir los efectos de la medicina sedativa. El frío que produce da muy buen resultado en los casos de inflamación ó de hemorragia, en las meningitis, en las fiebres tifoideas de forma cerebral, etc. Es por tanto necesario que el farmacéutico tenga siempre cierta provisión de hielo por vender, tanto en invierno como en verano, y lo mismo en las poblaciones que cuentan con neveras, que en las localidades privadas de recursos: y á falta de hielo natural, es menester que proporcione hielo fabricado artificialmente., (Manipulaciones de física.)

en el vacío, resultando de aquí que la temperatura de ebullición de los jugos es menos elevada, y no inspira recelo sobre la alteración del azúcar, aparte de que la concentración es más rápida, y por lo mismo más económica. Las figuras 722 y 723 representan

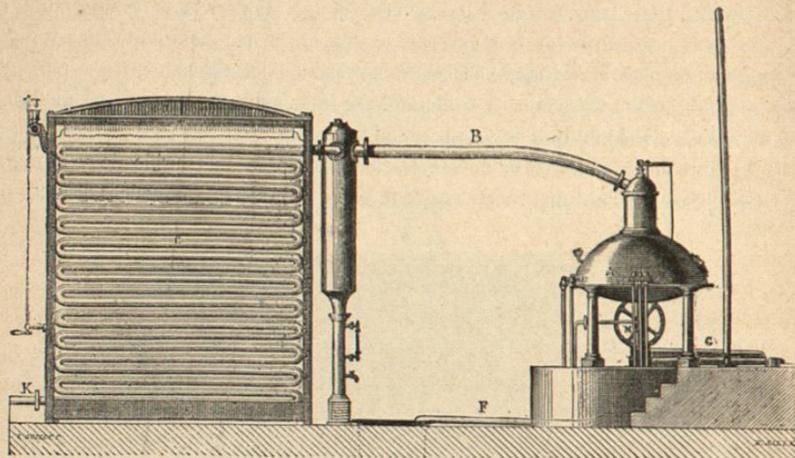


Fig. 722.—Aparato Derosne y Cail para la concentración de melazas

dos de los aparatos basados en este método de evaporación y principalmente usados en Francia.

En el aparato Derosne y Cail, A es la caldera que contiene la miel que se ha de

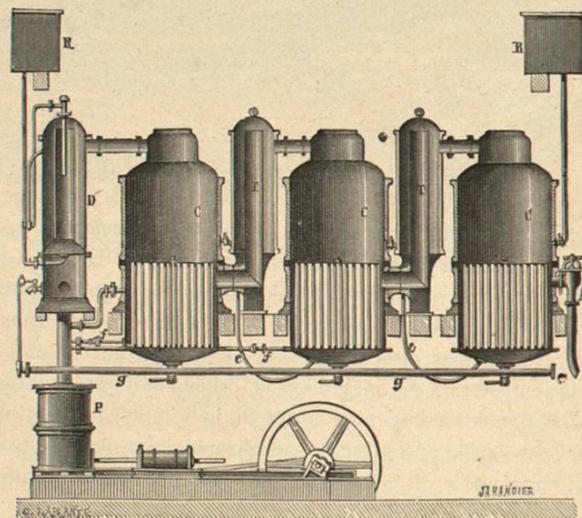


Fig. 723.—Aparato de triple efecto de Cail

concentrar: el vapor producido pasa por el conducto B á un serpentín de cobre C, contenido en la parte media de una gran tina. La miel fría corre por las espiras del serpentín de un depósito superior D, baja la temperatura del vapor y facilita así la ebullición. Esta miel se calienta á su vez y cae en el depósito inferior E, desde el cual va á parar

á la caldera. El extremo K del serpentín está en comunicación con una bomba que aspira aire y hace así el vacío en el interior de la caldera, lo cual baja la temperatura de ebullición del líquido.

El aparato de triple efecto de Cail (fig. 723) se compone de tres calderas verticales CCC, de la misma altura, cuyo interior está dividido por tabiques horizontales en tres compartimientos desiguales. Varios tubos verticales (60 ú 80) ponen en comunicación los compartimientos inferior y superior, haciendo que la miel que se ha de evaporar pase libremente de uno á otro. La miel no puede, pues, penetrar en el compartimiento del medio por el cual circula el vapor que sirve para caldear las calderas. La bomba P hace el vacío en la primera caldera de la derecha, reduciendo en un cuarto la presión atmosférica. El jugo pasado del depósito R á esta caldera entra en ella en ebullición á 80° ó 90°. El vapor que despiden pasa á un depósito ó llega á un tubo T, desde el cual penetra en otra caldera, donde caldea la miel, que entra en ebullición entre 50° y 60°. Del mismo modo pasa á la tercera caldera, para ir á concentrarse en D, en contacto con el agua fría que llega por unos tubos. Esta condensación contribuye á mantener el vacío en las calderas, vacío cuyo grado va creciendo de la primera á la tercera, de lo cual resulta también el descenso de la temperatura de ebullición en las calderas sucesivas.

## CAPITULO IV

### PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DEL FRÍO

#### I

#### MEZCLAS FRIGORÍPICAS

El sistema usado en la India para proporcionarse escasas cantidades de hielo no puede seguirse en todas partes ni en todas las estaciones. Además, la recolección de hielo natural en los estanques ó lagos depende de lo más ó menos riguroso del invierno en los países en que aquélla es posible. Las masas se han de transportar en seguida, á gran coste, á los puntos de consumo, y se las deposita en las neveras, de donde se las saca conforme se van necesitando. Todo esto exige gastos que hacen bastante caro el precio de un kilogramo de hielo. Así es que se han arbitrado medios de fabricarlo artificialmente y sistemas bastante económicos para hacer esta fabricación verdaderamente industrial, cuestión práctica que se relaciona con el problema mucho más general de la producción del frío, del que desde luego diremos algunas palabras.

En el capítulo de la primera parte que trata de la licuefacción de los gases hemos visto que se puede hacer que baje mucho la temperatura, ya mediante la evaporación rápida de un líquido sometido á débil presión, ó ya por la brusca expansión de un gas fuertemente comprimido, ó bien por el contacto con una mezcla de sustancias químicas, una de las cuales por lo menos sea sólida y sufra la fusión por efecto de su afinidad con la otra. Como se ve, en todos estos casos se trata de una absorción de calor más ó menos grande, absorción exigida por el trabajo mecánico que requiere todo cam-