

Número 2.

Pequeña Enciclopedia Práctica
DE
QUÍMICA INDUSTRIAL

PUBLICADA

bajo la dirección de F. BILLON, Ingeniero químico.

LA SAL

TRADUCCIÓN DEL FRANCÉS

POR

D. FILIBERTO SORIA Y SÁNCHEZ

Doctor en Farmacia, varias veces premiado por la Facultad
y el Ilustre Colegio de Farmacéuticos de Madrid.

MADRID

LIBRERÍA EDITORIAL

DE BAILLY-BAILLIERE É HIJOS

Plaza de Santa Ana, núm. 10.

5073

LIBRARY

C-68-369

10642

L A S A L

PRINCIPALES CORRESPONSALES

- ALAVA.**—*Vitoria*: L. Munian, P. L. Larrañaga.
- ALBACETE.**—Sebastián Ruiz, V. Vilar.
- ALICANTE.**—V. Tonda, F. Alemañy. *Alcoy*: Botella, C. Vilaplana y comp.^a
- ALMERÍA.**—G. Gajate, Y. A. Benitez.
- AVILA.**—Lucas Martín.
- BADAJOS.**—González, Claramont y C.^a
- BALBARES.**—*Palma*: J. A. López, Fondevila y Alomar. *Mahón*: M. Busutil.
- BARCELONA.**—A. J. Bastinos, J. Güell, J. Llordachs, E. Piaget.
- BURGOS.**—C. Avila, Hijos de Rodríguez.
- CÁDIZ.**—Ibáñez y Prados, Morillas. *Jerez*: J. Bueno.
- CANARIAS.**—*Las Palmas*: A. Delgado. *Santa Cruz de Tenerife*: Delgado Yúmar. *Santa Cruz de la Pa'ma*: T. Torres Luján.
- CASTELLÓN.**—J. Rovira Borrás.
- CIUDAD REAL.**—R. C. Rubiseo.
- CÓRDOBA.**—M. G. Lovera, F. A. de Muela.
- CORUÑA.**—E. Carré, A. Escudero. *Ferrol*: E. Varela, Viuda de Obertín. *Santiago*: J. Escribano, J. Gali.
- CUENCA.**—Viuda de Gómez é hijo.
- GERONA.**—Paciano Torres.
- GRANADA.**—Guevara, Viuda é hijos de P. Ventura Sabatel, D. Santaló.
- GUADALAJARA.**—A. Concha.
- GUIPÚZCOA.**—*San Sebastián*: Baroja, V. Benquet, Viuda de Osés.
- HUELVA.**—Viuda é hijos de Muñoz.
- HUESCA.**—F. Lacostena, J. Pérez.
- JAÉN.**—C. Uribes.
- LEÓN.**—Garzo, Miñón
- LÉRIDA.**—J. Amorós, E. Ribelles, Sol y Benet.
- LOGROÑO.**—Hijos de Alesón, Viuda de V. Pablo, C. García.
- LUGO.**—Juan Antonio Menéndez.
- MADRID.**—*Alcalá*: Lobo.
- MÁLAGA.**—J. Duarte, J. González.
- MURCIA.**—C. Botella, López y compañía. *Cartagena*: W. L. García hermanos.
- NAVARRA.**—*Pamplona*: R. Bescansa. Roldán Pérez y comp.^a, Aramburu, Viuda de M. Carrió.
- ORENSE.**—N. Pérez, V. Miranda.
- OVIEDO.**—Juan Martínez. *Gijón*, Hermógenes Andrade, L. Menéndez.
- PALENCIA.**—A. Z. Menéndez, Rincón.
- PONTEVEDRA.**—A. García, Joaquín Poza Cobas. *Vigo*: E. Domínguez, E. Krapf, J. Nieto.
- SALAMANCA.**—Viuda de Calón é hijo, Manuel Hernández, Vicente Oliva.
- SANTANDER.**—L. Gutiérrez, G. Carriles.
- SEGOVIA.**—M. Mecina.
- SEVILLA.**—Fe, Sanz, Torres.
- SORIA.**—P. N. Sebastián.
- TARRAGONA.**—J. Font é hijos, S. Gidesta Salas.
- TERUEL.**—P. Pünter Navarro.
- TOLEDO.**—Menor hermanos, Viuda é hijos de J. Pelaez.
- VALENCIA.**—Testamentaria de P. Aguilar, Pubul y Morales, R. Ortega.
- VALLADOLID.**—J. Montero, Nuevo (Hijos de), A. Martín Sánchez, L. Miñón.
- VIZCAYA.**—*Bilbao*: Bulfy y comp.^a Doehao, Antonio Apellaniz, Villar.
- ZAMORA.**—Viuda de M. Rico, P. Sendin.
- ZARAGOZA.**—A. Allué, Crespo y Alconchel, Gasca, Sanz.
- Isla de Cuba.
- HABANA.**—S. Lopez, M. Ricoy.
- MATANZAS.**—G. Moreno. *Cardenas*: Albitos.
- PINAR DEL RÍO.**—Mijares.
- SANTA CLARA.**—E. Pegudo.
- SANTIAGO DE CUBA.**—Gutiérrez Hermano.
- Puerto Rico.
- PUERTO RICO.**—Sucesión de J. J. Acosta, B. F. Sanjurjo Vidal, J. G. Font. *Mayagüez*: José Leandro Montalvo.
- PONCE.**—Otero y sobrino.
- Filipinas.
- MANILA.**—Bota (Viuda de).
- ILAGÁN.**—J. D. de la Campa.
- ILO-ILO.**—Pineda hermanos.
- América central.
- GUATEMALA.**—P. J. Guirola y compañía.
- NICARAGUA.**—*León*: F. Mayorga.
- REPÚBLICA DOMINICANA.**—*Santo Domingo*: Henríquez y Carvajal, F. Mejía.
- América septentrional.
- MÉJICO.**—Ballescá y C.^a, sucesor, Herrero hermanos. *San Juan Bautista*, J. M. Graham.
- SAN FRANCISCO DE CALIFORNIA.**—Tauzy y compañía.
- América meridional.
- ARGENTINA (REPÚBLICA).**—*Buenos Aires*: Etchepareborda, G. Mendesk, y Bernardo Loubiere. —*Córdoba*: L. Simián
- BOLIVIA.**—*La Paz*: M. Lakermance.
- CHILE.**—*Concepción*: Serrato. *Santiago*: R. Miranda. *Valparaíso*: C. F. Niemeyer.
- COLOMBIA.**—*Bogotá*: Camacho Roldán y Tamayo, J. Roa. *Barranquilla*: P. C. Angulo. *Cartagena*: Vélez. *Panamá*: Preciado y compañía.
- ECUADOR.**—*Guayaquil*: Janer é hijo. *Quito*: Viuda de Montesdeoca.
- PERÚ.**—*Lima*: Colville y C.^a, E. Rosay. *Arequipa*: R. Albareda. *Callao*: M. D. Arrús.
- URUGUAY.**—*Montevideo*: J. A. Fontela.
- VENEZUELA.**—*Caracas*: L. Puig Ros hermanos. *Maracaibo*: E. J. de Villacian.
- Antillas holandesas.
- CURAÇAO.**—*Willemstad*: Bethencourt é hijos.
- Extranjero.
- PARÍS.**—J. B. Bailliére et Fils, Roger et Chernoviz, V.^a Lechevalier.
- LONDRES.**—Bailliére, Tindall and Cox.

PEQUEÑA ENCICLOPEDIA DE QUÍMICA INDUSTRIAL PRÁCTICA

PUBLICADA BAJO LA DIRECCIÓN DE F. BILLON

Ingeniero químico.

N.º 2

L A S A L

TRADUCIDO DEL FRANCÉS

D. FILIBERTO SORIA Y SÁNCHEZ

Doctor en Farmacia,

varias veces premiado por la Facultad y el Ilustre Colegio de Farmacéuticos de Madrid.

.....
SEGUNDA TIRADA
.....

MADRID

LIBRERÍA EDITORIAL

DE BAILLY-BAILLIERE E HIJOS

Plaza de Santa Ana, núm. 10.

1899



LA SAL

CAPÍTULO PRIMERO

Composición.

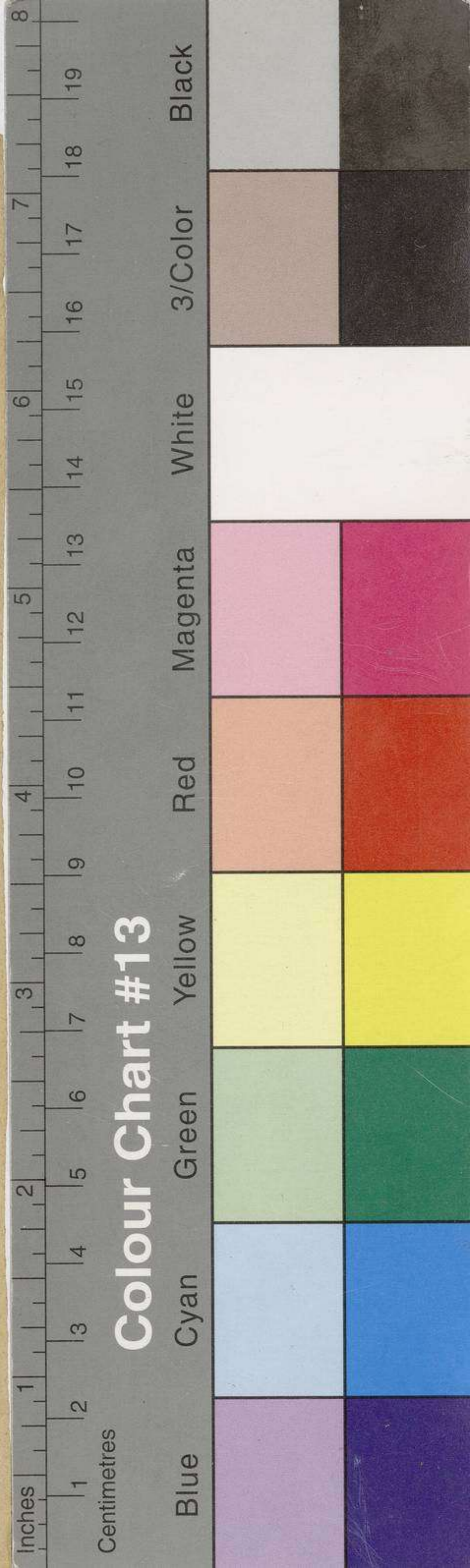
Propiedades químicas y físicas de la sal.

LA INDUSTRIA DE LA SAL.

Resulta ocioso el investigar los orígenes del empleo de la sal, porque su conocimiento data del primer hombre que observó el depósito cristalino que en las concavidades de las rocas deja el agua de mar por su evaporación. Cuando se descubrieron otras sustancias que por su aspecto, por su cristalización y su solubilidad tenían una semejanza mayor ó menor con el producto de uso diario, se les dió el nombre de sal, haciendo seguir este nombre genérico de otro que recordara la propiedad más característica del nuevo cuerpo: sal amoníaco, sal admirable, sal policresta, etc. Pero si la sal común se hizo así el tipo de una serie de cuerpos químicos, agrupados tan sólo teniendo en cuenta ciertas propiedades químicas, pasó bastante tiempo antes de que la química estableciera su composición. A mediados del siglo XVIII, el químico alemán Marggraff, tratando la sal común por ácido nítrico, observó que la reacción daba dos productos: uno era el ácido de la sal común ó ácido muriático, que luego se ha llamado ácido clorhídrico, y el otro, que era el *nitro cúbico*, tratado por carbón daba un álcali distinto del *álcali fijo* ó carbonato potásico. Este *álcali fijo mineral*, como le denominó Marggraff, fué la primera noción que se tuvo de la existencia de la sosa en la sal común. Este químico añadió á la ya numerosa lista de nombres de la sal la denominación de muriato de sosa.

Si se introduce en un frasco lleno de cloro seco un fragmento de sodio, después de terminar la viva reacción que se produce

BILLON.—TOMO II.—1



acompañada de calor y luz, se observan sobre las paredes del frasco pequeños cristales blancos solubles en agua, que son de sal común. Por tanto, para la formación de ésta no son necesarios ni el ácido clorhídrico ni la sosa, y esto nos demuestra que el nombre de muriato de sosa es inexacto y erróneo. Y como los cuerpos que de ordinario se consideran como sales en química están formados por la combinación de una base y un ácido, resulta la irónica anomalía de que la sal común, que por decirlo así ha servido de tipo para establecer el grupo, no es tal sal.

Esta observación atormentó á Lavoisier y sus contemporáneos. Como desde el descubrimiento del oxígeno el gran químico francés no concebía un ácido en que no entrara el oxígeno, se obstinaba en considerar al cloro, cuerpo simple como es sabido, como un compuesto formado por ácido clorhídrico y oxígeno. Pero poco á poco se fué haciendo la luz sobre la composición de la sal común, pues á ello contribuyeron Davy aislando el sodio metálico y Gay-Lussac demostrando que el cloro era un cuerpo simple.

El cloro, uno de sus elementos constitutivos, es un gas de color amarillo verdoso, de olor sofocante y dotado de muy enérgicas propiedades; disuelve con gran facilidad el oro, y el arsénico y antimonio se inflaman en él.

El sodio es de una naturaleza no menos irritante; proyectado sobre el agua posee, como su semejante el potasio, la propiedad de arder, y deja por residuo de esta combustión un glóbulo de sosa cáustica. Realmente esta combustión procede de la descomposición del agua en contacto del metal. El oxígeno del agua se une al metal para formar la sosa, el hidrógeno se desprende y el calor desarrollado en la reacción le inflama. De cualquier modo, de la unión de estos dos elementos, cloro y sodio, nace la sal común. El nombre de cloruro sódico queda explicado, lo mismo que la fórmula por que se representa, NaCl , sabiendo que en las fórmulas químicas se indican los cuerpos por las primeras letras de su nombre latino, y Na es el principio de *natrum*, nombre antiguo del carbonato sódico. En números redondos, en 100 partes de sal existen 60 de cloro y 40 de sodio.

Si se tiene en cuenta que el ácido clorhídrico resulta simplemente de la unión del cloro y el hidrógeno, según expresa la fórmula ClH , la sal común puede considerarse como análogo á este cuerpo, en el que el hidrógeno está reemplazado por el sodio. Esta consideración permite que el cuerpo que nos ocupa se

agrupe con las sales, desapareciendo la anomalía que anteriormente hemos hecho notar. Sal es simplemente un ácido en que el hidrógeno ha sido sustituido por un metal.

Terminadas estas cortas explicaciones, podemos pasar á examinar las propiedades características del cloruro sódico. Basta examinar atentamente un fragmento un poco voluminoso de sal común para ver que está formado por cubos transparentes de pequeñas dimensiones. Frecuentemente se observa una curiosa disposición de estos cristales, afectando la forma de una tolva ó pirámide invertida, cuyas paredes están formadas por gradillas escalonadas. Estas pirámides huecas pueden tener grandes dimensiones, y las gradillas se descomponen fácilmente en los cubos que las forman.

Es un hecho de observación vulgar que la sal *decrepita* cuando se proyecta sobre las ascuas. Cuando los cubos primitivos se agrupan en cristales de formas y dimensiones diversas retienen entre sus paredes agua interpuesta, y fácil es de comprender que este agua por la acción del calor se reduce á vapor, cuya fuerza elástica produce la dislocación del grupo de cristales. Otras sales retienen igualmente durante su cristalización una cierta cantidad de agua, pero no hay que confundirla con la que llena los intersticios de los cristales de sal común, porque aquélla forma parte integrante de su constitución y cuando se separa por la acción del calor las propiedades de la sal se modifican profundamente, en tanto que en la sal común no ocurre nada semejante.

El agua fría disuelve casi tanta sal como la caliente, y por tanto el uso de ésta para disolver la sal no tiene más ventaja que ser la acción más rápida. Esto constituye una notable diferencia con las demás sales, que se disuelven en el agua en cantidad tanto mayor cuanto más elevada es la temperatura, y por tanto se pueden obtener éstas cristalizadas dejando enfriar su solución caliente, pues no pudiendo contener en frío la cantidad de sustancia soluble que tenía en caliente, se deposita este exceso en cristales. Este método no puede seguirse con el cloruro sódico, porque 1 litro de agua fría ó caliente disuelve de 350 á 400 gramos.

El agua saturada de sal no hierve, como el agua pura, á 100°; por su gran densidad, el termómetro en el momento de entrar en ebullición marca 108° próximamente. Esta solución presenta además otra propiedad notable, cual es la de no congelarse á 0°,

por lo que el agua del mar, aunque esté abrigada y tranquila, no se solidifica sino por fríos considerables.

Si después de hacer decrepitar los cristales de sal común se continúa calentándolos hasta el rojo, se funden y transforman en humos blancos. Si estos humos se ponen en contacto con el vapor de agua se descomponen inmediatamente, uniéndose el hidrógeno del agua con el cloro y el oxígeno con el sodio, formándose ácido clorhídrico y sosa cáustica.

Si citamos esta reacción es porque se utiliza ordinariamente en el barnizado de la loza ordinaria. La sosa formada así en contacto de la arcilla, que está formada por sílice y alúmina, forma silicato y aluminato sódicos, especie de vidrios fusibles que se depositan sobre la capa superficial de la loza y la vidrían.

Cuando se calienta el cloruro sódico con ácido sulfúrico concentrado, cumpliéndose la ley que hemos enunciado, el hidrógeno de este ácido es reemplazado por el sodio de la sal, y resulta de este cambio recíproco sulfato sódico y ácido clorhídrico. Pero si en la reacción se hace intervenir un cuerpo que pueda fácilmente dar oxígeno en estas condiciones, éste fijará el hidrógeno desprendido formando con él agua, con lo que el ácido clorhídrico no se puede formar y sólo se desprende cloro; el cuerpo oxigenado que se emplea es el bióxido de manganeso, y la reacción que hemos indicado es la que se utiliza para la obtención industrial del cloro.

No terminaremos este rápido estudio de las propiedades de la sal sin citar su reactivo más sensible: cuando en un líquido cualquiera se quiere reconocer la presencia de la sal se le agregan algunas gotas de solución de nitrato argéntico, cuerpo que por sus propiedades cáusticas se llama piedra infernal; prodúcese inmediatamente un abundante precipitado blanco, formado por plata unida al cloro del cloruro sódico. Esta reacción, de una sensibilidad extrema, permite reconocer cantidades mínimas de sal en un líquido. Pero como otras sales tienen también la propiedad de precipitar por el nitrato argéntico, es preciso para afirmar la presencia de la sal que el precipitado producido sea insoluble en ácido nítrico, y que sea soluble en el amoníaco y el hiposulfito sódico. Los aficionados á la fotografía saben, en efecto, que el procedimiento de fijación de los clisés consiste en disolver en hiposulfito la porción de cloruro argéntico no alterado por la luz, y que por tanto no ha ennegrecido el revelador.

CAPÍTULO II

La sal en el globo.

EL AGUA DEL MAR.—RESULTADOS DE SU EVAPORACIÓN.—NO-
CIONES DE GEOLOGÍA.—DIVERSOS PISOS SALINOS.—SILURIA-
NO.—DEVONIANO.—PERMIANO.—TRIÁSICO.—CRETÁCEO.—
EOCENO.—TIEMPOS MODERNOS.

La sustancia cuyas propiedades hemos descrito es una de las más esparcidas en el globo terráqueo. Independientemente de las enormes cantidades que contiene el agua de los mares, se encuentra también disuelta en ciertas aguas terrestres, lagos ó fuentes saladas, y forma en casi todas las comarcas yacimientos considerables en el seno de la tierra. La industria de la sal utiliza estas tres fuentes de producción, y por tanto merecen que las estudiemos con algún detalle.

La masa de sal existente en el agua del mar es la más considerable, y con respecto á ella son fracciones insignificantes las cantidades diseminadas en los continentes.

El agua del mar es el tipo de las aguas minerales por el número y variedad de sustancias disueltas, por lo que importa poner de manifiesto sus principales caracteres. Vista en pequeña cantidad, se sabe que el color del agua del mar es el del agua pura, y las diversas coloraciones, á las que algunos mares deben su nombre, se explican ya por su mayor ó menor transparencia, ya por los efectos de la refracción de la luz que en ella se produce por el espesor de la capa de agua y las sustancias que hay en su fondo ó en su superficie. El color del mar Rojo ha sido explicado por el sabio micrógrafo Ehrenberg, que ha recolectado en su superficie el alga microscópica, causa probable del fenómeno. Esta coloración rojo-parda se produce sobre vastos espacios en que los buques parecen atravesar una solución de catecú, y este fenómeno, muy raro, se produce con intervalos tan distanciados que se ha puesto en duda su veracidad.

La temperatura del agua del mar está muy lejos de ser uni-

forme, pues varía con la latitud, la profundidad, la proximidad de las costas y las corrientes que la surcan. En las grandes profundidades su temperatura desciende próximamente á 0°. Igualmente varía la densidad, aunque entre límites restringidos: un litro de agua del Mediterráneo pesa de 1.028 á 1.029 gramos, la del mar Rojo 1.039 y la del Pacífico 1.026. Estas diferencias mínimas no dejan de hacerse sentir en la flotación de los buques, que calan más ó menos, según la densidad del agua que atraviesan.

La cantidad de sal contenida en el agua de los mares varía ligeramente. Antiguamente se creía, hasta que Boyle deshizo el error, que únicamente en la superficie era salada el agua del mar. Fácil es de comprender que el agua salada no puede sobrenadar en agua dulce, y en realidad se ha encontrado que el agua del fondo contiene mayor cantidad de sal. La sal común es el elemento mineral que menos variaciones sufre, pero no ocurre lo propio con las numerosas sustancias que la acompañan. La naturaleza del fondo ejerce una notable influencia sobre la composición de las aguas, y también las sustancias que arrastran las aguas corrientes en cantidades considerables, aunque ésta sea de poca importancia. Tal es, por ejemplo, la creta que utilizan los animales marítimos políperos como el coral, moluscos como la ostra y crustáceos como el cangrejo, para construir su esqueleto, su concha ó su caparazón. Tales son también el iodo y bromo que absorben las plantas marinas y ciertos animales, como las esponjas, en la masa en que por decirlo así están aprisionadas. Entre las otras sustancias que se encuentran en más notables cantidades es preciso citar el sulfato magnésico y los cloruros cálcico y magnésico. Las propiedades purgantes del agua del mar y su sabor desagradable son debidos principalmente á las sales magnésicas asociadas á la sal común. También se ha observado en el agua del mar la presencia de ciertos metales raros, litio y estroncio, por ejemplo, y plata en estado de cloruro. Si, en efecto, el cloruro argéntico es insoluble en agua, puede combinarse con el cloruro sódico, y en este nuevo estado, en que se forma un cloruro doble de plata y sodio, se hace algo soluble.

También existe en gran cantidad en el agua del mar ácido carbónico. El aire que tiene en disolución es sensiblemente más rico en oxígeno que el de la atmósfera.

He aquí, como ejemplo, la composición del agua de algunos mares:

Mediterráneo, en 1.000 gramos de agua.

Cloruro sódico.	29,05	gramos.
— potásico.	0,50	—
— magnésico.	3,20	—
Sulfato magnésico.	2,50	—
— cálcico.	1,35	—
Carbonato cálcico.	0,12	—
Cloruro cálcico.	6,00	—
Bromuro sódico.	0,55	—
Oxido de hierro.	0,003	—

Atlántico (Canal de la Mancha).

Cloruro sódico	25,70	gramos.
— potásico.	0,094	—
— magnésico.	2,905	—

Encuéntranse además en la misma proporción ó un poco menor los mismos cuerpos citados, á los que se agregan indicios de bromuro magnésico, bicarbonato magnésico y silicato sódico.

En el Atlántico, la proporción de sal desciende á 25 gramos y es sólo de 14 en el mar Negro

Pero ¿cuál es el origen de estas sustancias disueltas y cómo su proporción se mantiene constante? Para dar una explicación de estos hechos es preciso retroceder al tiempo en que nuestro globo acababa de tomar su forma, por la formación de una costra sólida en la superficie en fusión de las materias de su masa, poco gruesa, frecuentemente dislocada y removida en su composición por el magma fundido que recubría. La espesa atmósfera de vapores que la circundaba, sustraída á la influencia directa del calor, se condensaba; las aguas, cuyo poder disolvente estaba aumentado por las sustancias químicas que tenían disueltas y la elevada temperatura, separaron de la superficie todo lo que era susceptible de disolverse, y cuando su prodigiosa masa llenó las depresiones existentes, el agua de los océanos así formados tenía la mineralización que hoy se conoce. La abundancia del cloro y el sodio en los compuestos minerales explica la mayor proporción del cloruro sódico sobre los demás cuerpos disueltos. Después las aguas corrientes y la misma del mar han continuado esta acción disolvente. Por esta acción se ha calculado que los océanos se enriquecen cada año en más de 100.000.000.000 de metros cúbicos de sustancias disueltas.

La sal que se extrae para diversos usos acaba siempre por volver al mar por las aguas corrientes, y esta cantidad es tan

insignificante relativamente que no puede influir sobre la proporción total. Los otros cuerpos disueltos acabarían por acumularse en cantidades nocivas para los animales marinos, si por causas diversas, en particular la evaporación, no viniera á regularse su admisión.

En efecto, cuando el agua del mar se somete á una evaporación muy activa, llega un momento en que algunas de las sustancias que tiene en disolución se precipitan. Este fenómeno se utiliza para la obtención de la sal en las salinas de las costas, y lo estudiaremos detalladamente más adelante. Pero hay circunstancias en que esta precipitación se produce por sí misma. El mar Caspio, que como es sabido está al pie del Cáucaso, comunica al Este, por un canal de varios kilómetros, con una vasta depresión que mide más de 16.000 kilómetros cuadrados, conocida con el nombre de Kara-Boghaz ó Sima Negra. El canal, de algunos metros de profundidad, sólo tiene de ancho de 200 á 800 metros, y por él circula constantemente una corriente de agua del Caspio que va á evaporarse en la depresión. Esta no tiene nunca más de 12 metros de profundidad y constituye una inmensa caldera natural de concentración. Los resultados del enriquecimiento progresivo en sal del Kara-Boghaz son notables: los animales han desaparecido, pues es imposible la vida de todo sér; las plantas de las orillas han perecido, y los peces que se aventuran en la corriente mueren cuando llegan á la sima. Se ha calculado que este almacén natural se enriquece anualmente en 340.000 toneladas de sal.

En las cercanías se ven otras lagunas que muestran todos los grados de concentración salina. En las que ha cesado la comunicación con el mar, la sal ha desaparecido ya bajo la arena; otras más recientes tienen su fondo completamente tapizado de sal cristalizada, y otras que conservan pequeñas comunicaciones con el mar sólo tienen sal en sus bordes.

Ultimamente, todos los veranos al Sur de Odesa, en las orillas del mar Negro, se observa la formación de charcas naturales de evaporación, de donde se extrae más de 100.000 toneladas de sal pura. La masa de ésta adquiere hasta 0,30 m. de espesor.

Réstanos examinar lo que ocurre cuando se somete á evaporación completa la mezcla de variadas sales de las aguas del mar, cosa de importancia, como á continuación veremos.

La primera sustancia que se deposita es el carbonato cálcico, mezclado con óxido férrico. Después lo hace una sustancia muy

poco soluble, el yeso ó sulfato cálcico, cuya presencia es constante en el agua del mar, que se deposita cuando la riqueza en sal se ha quintuplicado por evaporación. Para que la sal se precipite es necesario que la densidad del agua sea 1,22, que indica una riqueza 11 veces mayor que la normal.

Después de haberse depositado la sal quedan lo que se llaman aguas madres, que contienen los elementos más solubles, que se depositan en el siguiente orden: sulfato magnésico, cloruro potásico, cloruro magnésico, boratos, bromuros, sales de litina y compuestos de iodo. Sin embargo, todos estos compuestos no se depositan sino en el caso en que se cierre la comunicación entre el mar y el estanque que los contiene. Por tanto, si en un sitio dado se encuentra una sucesión de depósitos efectuada por este orden, es lógico deducir que en algún tiempo el mar comunicaba con dicho sitio, habiendo desaparecido luego esta comunicación.

También debemos examinar un último manantial de sal, el que constituyen las masas más ó menos considerables en diversas comarcas, y que se explota en forma de canteras y minas. Con este objeto es necesario entrar en algunos detalles geológicos.

Es un hecho de observación común, que en una cantera profunda se encuentran superpuestas capas horizontales de rocas de muy diverso aspecto. Esta diversidad se aumenta cuando se hace un sondado muy profundo; por ejemplo, el que necesitan los pozos artesianos de París. Examinando cuidadosamente las capas sucesivas se han encontrado en cada una de ellas restos de animales transformados en piedra más ó menos dura, frecuentemente muy bien conservados y característicos ya de cierto grupo de capas horizontales ó de una sola de ellas. De otra parte las rocas más inferiores de la serie examinadas del mismo modo han demostrado ausencia de grupos enteros de animales, de modo que su fauna se reduce á un conjunto poco variado de grupos próximos unos á otros. Poco á poco, y á medida que se asciende á las capas más recientes, se observa el perfeccionamiento progresivo de la serie animal, para llegar últimamente á la fauna que actualmente puebla nuestro globo. De este estudio puede deducirse que la vida se ha desarrollado progresivamente desde las primeras edades de la tierra en que apareció sobre nuestro planeta, y se puede, por tanto, asignar una edad relativa á cada capa de terreno caracterizado por animales que le son propios. Ultimamente, el estudio comparado de los espacios en que se

encuentran sobre el globo los terrenos correspondientes ha podido hacer apreciar la extensión de las formaciones que ocupaban en esta época, la entrada ó retirada de los mares, con relación á los terrenos primitivamente formados, sobre los que se han depositado las nuevas capas sedimentosas producidas por la acción de las aguas, y que englobaban en su masa los animales que vivían en aquella época.

Todas estas consideraciones, que únicamente podemos apuntar muy sumariamente, han conducido á los geólogos á dividir la historia del globo en cierto número de períodos, generalmente admitidos, cada uno de los que está caracterizado por un cierto número de capas que presentan un carácter de semejanza, tanto por la naturaleza de los terrenos como por los restos animales que en ellos se encuentran. A su vez cada uno de estos períodos se divide en cierto número de capas sucesivas, mejor ó peor limitadas ó separadas.

El período primario, en el que se puede observar por primera vez, no la existencia de la vida, que es bastante más antigua probablemente, pero sí de restos animales, admite las siguientes capas:

La capa huroniana, llamada así porque se ha observado primero en América, en el país de los indios Hurones; la capa silúrica, estudiada primeramente en Inglaterra, país de los antiguos Siluros, y sobre todo en Bohemia, donde se han encontrado los primeros fósiles, con una riqueza tal que no se ha podido admitir su súbita aparición en este período y ha sido preciso admitir bastante antes que ellos la existencia de la vida en el globo. Después viene la capa devoniana, que deriva su nombre del condado de Devón en Inglaterra, y la capa carbonífera, notable por su gran aumento de la vegetación y por la formación de la hulla. Esta, como se sabe, está formada por restos vegetales transformados lentamente en carbón por su descomposición bajo el agua. En ciertas hulleras se han reconocido impresiones de hojas, troncos y ramas de las plantas de esta época, gracias á las que se han podido reconstituir y formarse una idea clara de los bosques que debían formar. Un ejemplo mostrará cómo en esta época la vegetación debía ser exuberante y curiosa: los helechos arborescentes llegaban al tamaño de nuestros mayores árboles; las calamitas y los *Lipidodendron*, cuyo diámetro excedía de un metro, están representados hoy por humildes hierbas que erguidas ó tendidas apenas alcanzan varios decímetros.

Encima de la capa carbonífera se extiende un conjunto de terrenos que se designan con el nombre de permiano, del condado de Permen (Rusia). En él se ha podido observar de una manera muy precisa un retroceso general de los mares, que abandonando poco á poco los espacios que cubrían, se transformaban en estos puntos en lagunas poco profundas que poco á poco se secaron. Este período presenta para nosotros un gran interés; en él se ve aparecer por primera vez la sal.

El conjunto de las formaciones que rápidamente hemos revisado constituye la época primaria. Cuando se estudian las capas que sobre él hay en todos los puntos de la tierra en que se ha podido observar su existencia, presentan un conjunto de caracteres tales que se ha hecho partir del momento de su formación la llamada época secundaria. Es tal la importancia de ésta, que se ha dividido en tres grandes períodos: el triásico, el jurásico y el cretáceo. Este último, como indica su nombre, está caracterizado por la abundancia de las formaciones gredosas, como las que se encuentran, por ejemplo, en Champagne. El precedente debe su nombre á que las montañas del Jura lo presentan en su aspecto más característico.

Ultimamente, el período triásico debe su nombre á que los terrenos que lo constituyen están siempre agrupados en tres capas distintas. En él se encuentra un gran número de formaciones salinas que más adelante estudiaremos. Finalmente, la época terciaria, que sucede á la anterior, parece marcar el punto en que los diversos continentes han tomado las formas que les caracteriza. De sus cuatro divisiones, eoceno, mioceno, oligoceno y plioceno, la última es la que más nos interesa, porque á ella corresponde la época en que se formaron las célebres salinas de Wielicza (Polonia). Probablemente es preciso hacer remontar á estos lejanos tiempos la aparición del hombre sobre la tierra, pues en la época cuaternaria que sigue se encuentran con gran abundancia indicios de la existencia de este antepasado oscuro que con sus armas groseras, talladas en sílex, combatía con los animales, terribles adversarios suyos.

La sal parece estar dispuesta en montones en el suelo en dos épocas principales, separadas una de otra por un intervalo del que no podemos tener la menor idea, pero que debe ser extremadamente considerable: el primer depósito al principio de los tiempos secundarios y el segundo al final de los terciarios.

Los yacimientos que parecen estar formados en la época más

remota son los situados en China, en la provincia de Se-Tchoan. Los sondajes que se han efectuado tienen hasta 1.100 metros de profundidad, y el examen de las capas atravesadas por la sonda ha permitido establecer que la balsa de agua salada que sale por los surtidores está comprendida en arcillas de la época silúrica y al mismo principio de esta época. Los primeros sondajes atraviesan en un principio manantiales salados de color amarillento, que contienen de 15 á 20 por 100 de sal; á mayor profundidad hay manantiales de color negro bastante más ricos, pues contienen hasta 28 por 100 de sal, siendo debida la coloración oscura de estas aguas al petróleo. Los esquistos bituminosos de que se extraen son muy ricos en aceite mineral; los industrioses chinos no han dejado de utilizar esta riqueza, pues han abierto más de treinta pozos de petróleo, y muchos dan, á más del producto líquido, gases que se utilizan en el manantial para calefacción y evaporación de las aguas saladas. El procedimiento de sondaje con que han obtenido tan considerables profundidades es de los más primitivos, y se practica con cuerdas á costa de tiempo y paciencia; cuando el terreno atravesado lo exige, se consolida el hueco con largos tubos de bambú rodeado de cuerdas.

En la misma capa de terreno se encuentran yacimientos salinos en la India y América. Los primeros, situados en la ribera Este del Indo y sobre la frontera del Afghánistán, ofrecen la particularidad de ser dobles sobre la ribera opuesta, por una segunda formación salina de la época terciaria que luego estudiaremos. En América, en donde los terrenos primarios ocupan gran extensión, los manantiales y lagos salados son muy numerosos, sobre todo en los Estados de Kentucky y Michigan en el Ohio, y la mayor parte de la sal que se consume en los Estados Unidos procede de estos manantiales salados. Más adelante volveremos á ocuparnos de ciertos lagos del Oeste, cuyo modo de formación es completamente distinto y se encuentra también en ciertos puntos de la Patagonia.

En Rusia, en el distrito de Arkanghel, así como en Novgorod y en Pskow, se encuentran salinas de la época devoniana que son poco explotadas, pero que presentan, como las anteriores, el hecho de estar asociadas á la nafta y á petróleo bruto y estar sobre una capa de yeso. Hemos demostrado que el yeso es el producto menos soluble del agua del mar, y se deposita primero cuando ésta se somete á la evaporación. En todos los depósitos de sal que podemos atribuir á esta causa encontramos en su base

el yeso en capa más ó menos espesa. El aceite mineral, que hemos dicho está asociado á estos yacimientos salinos, es igualmente uno de sus caracteres y lo encontramos en casi todos los casos. En un terreno semejante se encuentra la cuenca petrolífera de donde primero se han extraído en América grandes cantidades de este líquido. En medio de la cadena de salinas de Virginia, en el valle de Kanawha, se encuentra un manantial natural de gas carburado, propio para el alumbrado y calefacción, y esta asociación de sal, petróleo y gas carburado se encuentra en todos los pozos de la región. En el Cáucaso, en las dos extremidades de esta cadena, se encuentran volcanes de cenno que arrojan gases combustibles y petróleo; el estanque en cuyos bordes tienen lugar estos desprendimientos tiene aguas saladas. En cuanto al origen de estos líquidos y gases carburados, es menester atribuirlo á la descomposición de materias orgánicas grasas, suministradas por los animales de la zona marítima litoral. Según algunos geólogos, el fenómeno no puede efectuarse sin la presencia de sales, cloruros, bromuros y ioduros diversos que acompañan á la sal común. Así se explica fácilmente la presencia concomitante del petróleo y la sal; los animales, viviendo en un mar transformado en laguna, en un momento dado se encontrarían, á consecuencia de la evaporación activa, en condiciones cada vez menos favorables. Después de su muerte, sus restos serían descompuestos lentamente fuera del contacto del aire. Esta explicación parece ser más que una simple hipótesis, porque una roca bituminosa del Tirol, de que se retira, por destilación, el nauseoso producto antiséptico llamado ictiol, se encuentra formada casi exclusivamente por restos de peces, y de otra parte el fenómeno de la formación de hidrocarburos líquidos y gaseosos se observa actualmente en varias ensenadas lagunares del mar Rojo, cuyos bordes están en vías de elevación manifiesta. Ultimamente las experiencias de laboratorio han demostrado que los bromuros y el ácido bromhídrico intervienen directamente en la formación de los hidrocarburos, é indirectamente fijando al pasar los gases de la putrefacción que pudieran separar con sus burbujas la capa del vaso protector. Si estas consideraciones bastan para establecer la teoría de las formaciones petrolíferas, pueden no ser suficientes para explicar la prodigiosa abundancia de estos líquidos combustibles, que exigen para su formación una masa de animales que apenas puede concebirse.

Esta digresión nos ha apartado un poco de los yacimientos de sal, de los que vamos á examinar los más importantes, tanto de los formados al final de los tiempos primarios, en la época permiana, como en la época triásica, en el principio del período secundario.

En Rusia, en el condado de Perm, sobre una banda que se extiende á lo largo del río Kana, se encuentran en medio de terrenos que han dado nombre á la capa más de sesenta minas explotadas que dan al año 200.000 toneladas de sal. Los sondeos llegan en algunos pozos á más de 200 metros y han atravesado en una de las minas más ricas 11 capas de sal separadas por arcillas, que forman una altura de 40 metros próximamente. Esta formación está contenida en las capas inferiores del permiano; por el contrario, en la Alemania del Norte son las capas superiores las que contienen uno de los más notables yacimientos del mundo: la cuenca salífera de Stassfurt. El banco más inferior de sal es conocido en más de 200 metros, y nada hace suponer que se agote pronto; está dividido verticalmente por lechos de un yeso particular, llamado anhidrita. Debajo hay un lecho de un mineral particular, la polialita, que es un sulfato de cal, magnesia y potasa. El sulfato magnésico conocido con el nombre de kieserita se encuentra en la zona media, y sobre ella hay capas de cloruro potásico ó carnalita. Estas diversas sales no son puras, sino que están mezcladas con una gran cantidad de sal común, y las tres zonas superpuestas alcanzan un espesor de 170 metros. Una potente capa de arcilla salinífera de 30 metros de espesor recubre esta formación salina, y ésta á su vez tiene superpuesta una capa de yeso. El lecho inferior de yeso que se debe encontrar en la base de las capas de Stassfurt no se ha puesto todavía de manifiesto; pero el yeso abunda en toda la región, mezclado con mármoles, calizas, dolomías y anhidrita, formando hasta espesores de 2.000 metros. Debemos hacer notar que el filón de sal se ha encontrado cerca de Berlín, con una potencia tal que se ha podido seguir en una profundidad de 1.200 metros.

La primera idea que se presenta para explicar la formación de semejante yacimiento es la evaporación de un lago cerrado, separado del resto de las aguas marinas por una compuerta resultante de un levantamiento del fondo. Si tenemos presente la tabla de los productos de evaporación del agua del mar, podemos establecer, tomando como tipo una capa de agua de 1 metro:

De 1 metro á 0^m,20: Débil depósito de caliza y óxido férrico.

De 0^m,20 á 0^m,12: Yeso.

De 0^m,20 á 0^m,10: Depósito de sal, muy limpia y perfectamente separada; se produce hasta 0^m,05.

De 0^m,05 á 0^m,03: Sal mezclada con sulfato magnésico.

De 0^m,05 á 0^m,02: Carnalita.

Inferiormente á 0^m,02: Agua madre rica en cloruro magnésico con ácido bórico, que no se deseca nunca en las condiciones actuales.

En primer lugar, no puede menos de sorprender la analogía que esta serie presenta con la de Stassfurt. Sin embargo, estudiando detenidamente esta última se han encontrado en ella numerosas discordancias. La primera y quizás la más difícil de explicar de manera satisfactoria es precisamente este enorme espesor de sal que, como hemos dicho, es mayor de 1.200 metros en Sperenberg y 500 metros lo menos en Stassfurt. Sería, por tanto, preciso admitir una capa de agua de 10 veces esta altura, extendiéndose por toda la Alemania del Norte, y que con este gran volumen no tenía razón para evaporarse. Además habría que admitir que una vez formado el depósito, un elevamiento le había conducido á la altura que hoy ocupa. En realidad, la cuestión parece estar resuelta con mayor verosimilitud por la observación de lo que pasa en la época actual, ya en los estanques del delta del Ródano, ya en el Kara-Boghaz. Hemos hablado de este último, hoy casi saturado de sal por una afluencia constante de agua del Caspio, pero éste recibe del Volga menos agua que pierde; su nivel acabará por descender de tal modo, que el canal de comunicación no recibirá agua; á partir de este momento la evaporación en el Kara-Boghaz se efectuará, no sobre el agua del mar, sino sobre una solución de sal completamente saturada, que producirá una capa bastante espesa de este mineral. Lo mismo ocurrirá con el yeso, cuyo depósito comienza actualmente, y que se efectuará en grandes cantidades antes de que se deposite la sal por formación de un lago cerrado.

En la desembocadura del Ródano ocurre un fenómeno semejante. Se sabe que desde el tiempo en que San Luis se embarcó para Tierra Santa en Aygues-Mortes, la costa ha ganado próximamente 10 kilómetros al mar por la conducción continua de aluviones del río. Estos forman diques naturales que encierran charcas saladas, excepto por un canal poco profundo. El vacío producido por la evaporación, combatido constantemente por el

mar, conduce el agua á mayor grado de concentración, y en el estanque de Lavalduc, en que el canal está destruído desde hace siglos y el nivel está á 15 metros por bajo del del Mediterráneo, se puede observar ya el depósito espeso de yeso.

Se ve que sin hacer intervenir los hundimientos y elevaciones profundas de la costra terrestre, puede explicarse la formación de los depósitos salinos de gran espesor.

Una segunda objeción resulta de la presencia en la capa inferior de sal de Stassfurt de numerosos lechos de anhídrita, sulfato cálcico anhidro, y que hace inútil para el consumo la sal en que se encuentra. Verdad es que cerca de las bocas del Volga se han observado pequeños lechos alimentados por filetes de agua salada que depositan alternativamente yeso en la estación lluviosa y sal en la estación seca. Se puede admitir que ha ocurrido una cosa análoga en Stassfurt; pero todavía queda por explicar la disposición absolutamente regular de las láminas de anhídrita, lisas debajo, irregulares encima, con prolongamientos en el banco de sal subyacente, gruesas de 6 milímetros, que separan bancos de sal de 10 ó 12 centímetros de espesor.

Una tercera objeción es ésta: cuando una sal se forma por cristalización en el seno de una solución saturada, arrastra con ella misma su agua de constitución, y no se observa nunca que se deposite privada de agua, es decir, anhidra. Pero en Stassfurt hemos visto que se presenta con gran abundancia la anhídrita, sulfato cálcico anhidro, cuyo nombre recuerda esta circunstancia, y además se encuentra otra sal, la kieserita, sulfato magnésico especial, que en vez de cristalizar normalmente con 21 equivalentes de agua tiene 7.

Se ha intentado resolver esta dificultad por la siguiente explicación: las sales depositadas en un mar á temperatura elevada se han deshidratado por elevación accidental á 100° antes de su depósito. Experiencias de laboratorio han demostrado, en efecto, que el yeso, bajo la influencia de la presión, en presencia de los cloruros alcalinos, puede, aun á temperaturas de 40 á 60°, dar compuestos anhidros bastante semejantes á los de Stassfurt. Pero estas reacciones no explican todo; las sales delicuescentes que coronan la capa inferior de sal, explotadas con el nombre de carnalita, no pueden apenas resultar de una evaporación muy completa del lago después de cerrar el canal que lo unía al mar. Es preciso suponer que esta capa, por destrucción de los acantilados próximos, se encuentra cubierta de arcilla vuelta salífera

por impregnación. En este momento, la comunicación, restablecida con el mar, habría depositado la segunda capa de sal y anhídrita que la corona en ciertos puntos del yacimiento. Los boratos que se encuentran en la parte superior mezclados con las sales delicuescentes, cloruros potásico y magnésico, son también un escollo á la teoría, pues en Stassfurt hay nódulos de boratos que pesan hasta 1.400 kilogramos, cuyo volumen no se explica.

Hemos insistido un poco largamente sobre estos detalles. La importancia industrial de Stassfurt; el interés grande que se refiere á la solución de estas cuestiones, unidas al origen y á la evolución de nuestro globo; la oscuridad en que se encuentran á pesar de tan notables trabajos, nos ha inducido á exponerlos tan completamente como indica el cuadro que hemos trazado. Idénticas dificultades vamos á encontrar en la edad que sigue.

Las formaciones salinas del Trias tienen una importancia considerable, tanto por las cantidades que suministran como por su distribución. Las salinas del Tirol, las del Franco Condado, de la Lorena y las del condado de Cheshire, en Inglaterra, pertenecen á esta época. En la base de la capa se encuentra un poderoso lecho de gres abigarrado; sobre ésta hay capas calcáreas, que forman el *muschelkalk* de los alemanes. En esta capa superior ó *keuper* es donde se encuentra la sal á diversos niveles. En el Tirol, llena toda la región de las villas de Hallein, Ischl, Halle y Hallstadt, en forma de arcilla negruzca impregnada de sal ó de masas aisladas de formas variadas, generalmente lenticulares y verticales.

Esta región del *Salkammergut* forma una banda dirigida casi de Norte á Sur, y bordeada por otras zonas paralelas que marcan sobre el suelo los afloramientos de los terrenos más recientes y más antiguos asociados al Trias.

En Lorena las capas que corresponden no contienen sal, sino solamente yeso. Es preciso ascender para encontrarla á las capas superiores del *keuper*, en que la formación salina está en medio de margas y mezclada con yeso. La sal forma en ella masas lenticulares aplanadas en dos niveles, separados por 30 ó 40 metros de arcilla roja ó parda. El nivel superior es el único que hasta ahora está explotado; al segundo apenas se ha llegado por algunos sondajes, y está mal conocida su extensión. En Dieuze, donde se encuentra una de las principales explotaciones, se han hallado solamente en el nivel superior 13 capas superpuestas en más de 50 metros. Están separadas por delgados bancos de

arcilla gris, que interrumpen algunas veces los bancos por venetas verticales, por yeso y anhidrita en pequeñas masas. Estos dos minerales, que los dos son sulfato cálcico, difieren nada más que en la cantidad de agua de cristalización, bastante menor en la anhidrita, como indica su nombre. Pero se puede, sometiendo ciertas calizas á emanaciones sulfurosas, transformarlas en estas sustancias, y este cambio de composición se traduce por un aumento de volumen considerable; sobre todo en el caso en que se forma yeso, más rico en agua, el hinchamiento de la masa es más de la mitad de su primitivo volumen. Citamos esta observación porque en las salinas de Lorena las masas de yeso y de anhidrita se presentan con este aspecto hinchado y elevan al formarse las margas próximas, cuyas capas están levantadas. Pero no es esta sola la particularidad de estas salinas. La sal que de ellas se obtiene contiene algunas sales que la acompañan habitualmente, pero no se encuentra en ella bromo, iodo y cloruro magnésico, que de ordinario son compañeros inseparables de la sal depositada por el mar. Esta singular excepción no ha tenido explicación satisfactoria. De una parte, los yacimientos de sal se presentan bajo el aspecto de producto de evaporación; de otra parte, la ausencia de los cuerpos de que hemos hecho mención hace muy difícil la adopción de esta teoría, y es preciso ver, según algunos geólogos, el resultado de la actividad volcánica, cuyos gases ácidos hubieran transformado por su paso subterráneo las tierras alcalinas en sal común. Los depósitos de Stassfurt nos ofrecen problemas tan difíciles de resolver como hemos visto, y á pesar de las numerosas investigaciones de la geología moderna, es de esperar que no transcurrirá mucho tiempo sin que se sorprenda el secreto de estas excepciones.

En el Doubs se encuentran salinas puestas al descubierto por los sondajes en Pouilly, Miserey, Châtillon, Salins y Montmorot, que ofrecen algunas particularidades interesantes. Se sabe que las montañas del Jura están caracterizadas por una sucesión regular de colinas y valles dispuestos en bandas paralelas cada vez más elevadas, que afectan hasta cierto punto la forma de una tela que se hubiera plegado. Las dos pendientes de una colina forman lo que se llama un *sinclinal*. Los sondajes hechos en los sinclinales han dado resultados bastante más favorables, como si la sal hubiera estado disuelta y arrastrada por las aguas subterráneas, cuando formaban los depósitos de nivel superior.

Los más importantes yacimientos de sal triásica son indudablemente los de Cheshire, en Inglaterra. Como en el Tirol, el terreno triásico está bordeado por capas más antiguas que vienen á igualarse paralelamente. Atraviesan primero una mezcla de arcillas, arenas y margas, terminada por un lecho de yeso muy duro que forma á la capa de sal subyacente un techo muy sólido y facilita bastante la explotación. La capa de sal tiene 25 metros de espesor. Un segundo lecho de margas y arcillas duras é impermeables está por cima de la capa inferior de la sal, de igual extensión que la primera, é inferiormente la sonda encuentra todavía numerosas venas de sal muy pura interpuestas en una caliza margosa. Pero la particularidad más notable de este depósito es la existencia de una balsa de agua saturada de sal, y que bajo gran presión está situada en el centro de la cubeta natural que contiene todo el yacimiento. Las aguas de infiltración, insinuándose por los puntos en que las capas se unen, disuelven poco á poco la sal y llegan completamente saturadas á la capa impermeable que las retiene.

Réstanos examinar las formaciones saliníferas más recientes, formadas ya al final de los tiempos secundarios, en el período cretáceo, ya en la época terciaria. En Argelia se encuentran en el camino de Argel á Laghouat las salinas de Boghar, que se presentan en forma de montículos; los principales son los de Rang el Malach y Ain Hadjurah, formados por sal muy pura, que han sido casi arrastrados por las aguas de lluvia. La sal que éstas han disuelto, recogida en estanques sin salida, puede calcularse ya en 250.000 toneladas, y esta cantidad va aumentando sin cesar á medida que desaparecen los yacimientos primitivos.

En España existe en Cardona un soberbio yacimiento de sal de la época eocena, probablemente el único que se explota á cielo descubierto y que parece remontarse á la época eocena. Forma dos masas alargadas, cada una de más de un kilómetro, dispuestas en capas estratificadas blancas, rosadas ó azules claras, que la explotación ha transformado en una especie de gigantesca escalera por los sucesivos frentes de talla.

Además, en España existen los yacimientos salinos de menor importancia siguientes: Minglanilla (Cuenca), Remolinos (Zaragoza), Hellín (Albacete) y Estopiñán (Huesca), todos de la época terciaria, á los que hay que agregar los de Añarán, Poza, Valtierra, Pancorbo, Manuel, Villena, Villalgordo, Monóvar, Vi-

Harrubia, Onda, Sarrión, El Pinoso, La Rosa, Sariego, Villaviciosa é Infiesto.

En la India existen masas enormes de sal, probablemente de la misma época, que forman verdaderas colinas rocosas por un lado y un estrecho valle estéril por otro. En Bahadur Kel, estas formaciones se extienden en más de 500 metros y la sal está mezclada con yeso y arcilla. Ya hemos dicho que en la misma región, pero en la ribera opuesta del Indo, existen otros yacimientos de la edad silúrica.

Pero ninguna de estas formaciones tiene la importancia de las que en Europa rodean la cadena de los Cárpatos y comprenden, con las célebres minas de Wielicza, las de Rumania y Transilvania.

Las condiciones y la edad relativa de su depósito han sido establecidas por los trabajos de los geólogos modernos. El Mediterráneo ocupaba entonces espacios mucho más amplios que los que hoy le conocemos, y después de haber depositado sobre toda la Europa central espesas capas de arcilla, arena y calizas, sufrió un retroceso grande, abandonando grandes lagunas en los sitios poco profundos que antes ocupaba. En esta época, llamada del *Schlier*, en el Este de Baviera, en Austria, en Valaquia y en Persia misma, el Mediterráneo, al tomar su forma actual, depositó una gruesa capa de arcilla tenaz, gris azulada, micácea, con lenticulas de sal diseminadas en su masa, y algunas veces hasta sales alcalinas, como en Stassfurt.

En Rumania las lenticulas de sal están en gres micáceos, mezcladas con arcilla y dispuestas sobre esquistos verdes ó grises. Forman tres grandes líneas paralelas y casi siempre están asociadas al petróleo. Desde 1868 se están explotando por numerosísimos puntos.

En Transilvania los yacimientos se encuentran en un vasto espacio que se extiende desde Klausenbourg á Budapest, en la dirección NE. á SO. Uno de los principales, Maros-Ujvar, afecta una forma de las más curiosas. Es una masa cónica de sal muy pura, que apenas contiene 1 por 100 de sales extrañas, pero exhala olor bastante pronunciado de aceite mineral. Las paredes de la masa son limpias y pulimentadas, y las capas vecinas elevadas, como si la sal se hubiera introducido entre ellas como una masa procedente de las profundidades é inyectada á presión.

Dada la estructura de las capas de sal, contorneadas en án-

gulo muy agudo, parece probable que se trata de una poderosa acción mecánica que ha plegado estas capas plásticas al modo del hielo, que como es sabido puede moldearse en las cavidades que le contienen.

Otro yacimiento, el de Marmaros, afecta en efecto la forma de un banco continuo no plegado, que sólo tiene raros puntos de afloramiento en la capa de arcilla negra que está por cima. Todavía no se ha llegado al fondo del banco de sal, cuyo espesor debe ser considerable.

Wielicza está situada sobre la vertiente Norte de los Cárpatos, á corta distancia de Cracovia. En otro capítulo veremos las curiosas disposiciones que presenta esta célebre mina; desde el punto de vista geológico no es menos grande.

De un modo general se pueden distinguir en Wielicza dos grupos de formaciones. El nivel inferior forma un conjunto de capas bastante bien estratificadas, en que se encuentra en un espesor de 150 metros próximamente tres haces de capas explotables, que primitivamente horizontales tomaron probablemente la inclinación pronunciada que presentan desde el elevamiento de los Cárpatos.

Confirmando esta aserción se han observado numerosas acciones mecánicas que han dislocado las capas y producido su enderezamiento y también su trastorno.

En cuanto al nivel superior, contiene, en lugar de capas estratificadas, masas irregulares diseminadas en la arcilla, cuyo origen es difícil de explicar. No presentan, en efecto, la disposición de zonas concéntricas que pudiera hacer creer la formación lenta en su sitio por infiltración, y parecen debidas más bien á la dislocación de las capas inferiores, de las que constituirían los restos.

Se han encontrado en Wielicza, á uno ú otro de estos niveles y en la masa encajonante, más de 270 especies de fósiles, cuyo estudio ha podido fijar la edad relativa de la formación que caracterizan.

La calidad de sal que se extrae de Wielicza no es uniforme; en las formaciones inferiores se distingue una sal de grandes elementos, casi químicamente pura, el *Szybikersalz*, que sirve sólo para uso alimenticio; una segunda calidad llamada *Spizasalz*, que contiene bastante arena y está compuesta de una aglomeración de granos finos, y últimamente una tercera especie comprendida entre las dos precedentes, cristalizada en grandes ele-

mentos de 2 á 5 centímetros, de color gris verdoso y muy impura, que es la sal verde ó *Grünsalz*.

Los bloques irregulares diseminados en la formación superior están igualmente formados de *Grünsalz*. La arcilla que los contiene, siempre muy salada, tiene algunas veces hasta 50 por 100 de sal en granos muy pequeños aislados ó conglomerados. En este caso se le da el nombre de *Zuber*.

También se conocen yacimientos de sal terciaria en Persia. Unos, situados al Norte, se explotan cerca de Karakhanh, y en ellos se encuentran 130 metros de sal muy blanca, pero generalmente es gris y aun negra. Otras minas están, por el contrario, casi al borde del Océano Indico, en que la sal está intercalada en arcillas, gres ó margas; se presenta en masas rojas ó blancas, que se emplean en el mismo sitio de producción para salar pescados, que se exportan á la India.

Independientemente de estas formaciones antiguas existen en ciertos puntos de la tierra minas de sal que se están formando actualmente. Se encuentran siempre en las regiones desiertas, en que las lluvias son raras y no bastan para asegurar la comunicación de los lagos interiores con el mar elevando su nivel.

Unas son residuos de un mar reciente; conócense ejemplos en los numerosos lagos de la región arábigo-caspiana, restos de un antiguo mar de la época pliocena, que cubría la parte Sur de Rusia.

Hemos hablado ya, á propósito de las teorías propuestas para la explicación de los yacimientos de Stassfurt, de este mecanismo de formación de la sal, y volveremos á tratar de ello al hablar de la explotación de las salinas de costa. Por ahora sólo diremos que formaciones semejantes se encuentran en la Baja California, y resultan de un mar desecado en una época todavía más reciente que la pliocena.

Otra formación muy curiosa es la de la salina de Arren, cerca de Orán, situada á 20 kilómetros de la costa. En invierno, las lluvias llenan completamente un lago de 1.500 hectáreas próximamente; en verano, por el contrario, se deseca completamente y se puede separar con la pala la costra de sal blanca, muy pura, que tiene de 30 á 40 centímetros, y una capa superficial de sal gris. En 1886 se han obtenido 30.000 toneladas de sal, cuya procedencia no se puede explicar sino suponiendo un desalamiento de las colinas vecinas, que cedieran á las aguas de lluvia sus productos solubles.

Fáltanos hablar de algunos lagos salados situados en la región Oeste de América. Entre las montañas Rocosas y Sierra Nevada se encuentra una llanura cuya altitud es de 1.200 metros lo menos.

Los lagos á que nos referimos están situados en una región desierta, de la dimensión de Francia, sin comunicación con el mar. Llenan valles paralelos separados por altas cadenas rocosas, y dos de estos cuatro lagos son salados. El más importante, ó Gran Lago, cuyo nivel está á 1.283 metros, tenía antes, según los depósitos que ha dejado, sus riberas cerca de 300 metros por cima de su nivel actual. Puede ser que entonces, siendo más abundantes las lluvias, el lago comunicara con el mar, y en efecto, parece que los valles han guardado la huella de varios cursos de agua cuya desaparición debe ser reciente, y que por las lluvias más pequeñas se convertirían en arroyuelos sinuosos que fueran de uno á otro valle.

Sea como quiera, el agua del Gran Lago Salado contiene 20 gramos de sal por litro, cuya procedencia es bien difícil de explicar.

La elevada altitud y ausencia de fósiles desecha la admisión de la existencia de un antiguo mar, y de otra parte no existen terrenos cuya lixiviación pueda dar sal como en otros casos hemos visto.

La única hipótesis admisible es la de suponer la existencia de un depósito salino formado por la concentración de las aguas dulces; éstas, en efecto, contienen frecuentemente principios salinos variados.

Un metro cúbico del agua de los ríos de Europa puede contener hasta 90 gramos de cloruro sódico; el Jordán, que pasa por Palestina y desemboca en el mar Muerto, contiene cerca de 1 kilogramo por metro cúbico.

En estas condiciones se comprende muy bien cómo las aguas corrientes acumuladas en un estanque sin salida, en que la evaporación es activa, acaban por depositar sal en cantidad considerable.

En cuanto al origen de la sal en las aguas dulces, ciertos autores lo atribuyen al transporte por el viento de la que es separada al agua del mar por la espuma de las olas.

Debemos agregar que en Persia hay un lago semejante, el lago de Ourmiah, situado á 1.200 metros de altura; sus aguas contienen 230 gramos de sal por litro, pero no contienen bromo, lo

que le distingue del mar Muerto, de que vamos á ocuparnos á continuación.

El mar Muerto, lago Asphaltite de los antiguos á causa del betún que se recoge en sus orillas, es una especie de estanque alargado donde desemboca el Jordán, y cuyo nivel es 400 metros próximamente inferior al del Mediterráneo. Sus aguas están tan cargadas de sustancias minerales que el cuerpo no se hunde en ellas, y á pesar de su gran transparencia no se ve en ellas ningún ser vivo. Sus riberas están hasta cierta distancia completamente áridas y asoladas.

Su mayor profundidad excede de 600 metros; según L. Lartet, que ha hecho de él un detallado estudio, el agua del mar Muerto deja sobre la mano una impresión oleosa y puede determinar la formación de pústulas; su densidad en la superficie es de 1.162, y á 300 metros de profundidad, en algunos puntos 1.256. Su composición como su densidad varía en proporciones considerables, por lo que los numerosos análisis publicados presentan notables divergencias, pues como tiene pocos puntos accesibles y las tribus vecinas hacen peligrosa toda exploración un poco lejana, todas las aguas analizadas con anterioridad al trabajo de Lartet estaban tomadas cerca de la desembocadura del Jordán, que como conduce al día en ciertas épocas una cantidad de agua superior á 6 millones de toneladas, hace variar notablemente la proporción de sal. La corriente que forma este agua que sobrenada se hace sentir hasta la extremidad del lago, y á estas causas es preciso agregar la influencia de las estaciones. Según los puntos, 1 litro de agua del mar Muerto contiene de 27 á 280 gramos de sustancias disueltas, y la cantidad de bromo en estado de bromuros varía en las mismas proporciones hasta llegar á la cantidad pasmosa de 7 gramos por litro. Además de la sal común (de 18 á 180 gramos), este agua contiene también, con los bromuros magnésico, sódico y potásico, otras sales de potasio y magnesio, cuyo origen debe indudablemente buscarse en los manantiales subterráneos inaccesibles que se abren en el fondo del lago.

La situación de éste, en un hundimiento producido por ruptura de los terrenos próximos, hace muy probable esta opinión, y perdiendo diariamente por evaporación la cantidad de agua dulce que recibe se va concentrando cada vez más. Inutilizables por el momento sus aguas, pudieran convertirse en una mina considerable de productos, entre los que el bromuro y las sales

potásicas ocuparían el primer lugar. Actualmente sólo se extrae de él el betún de Judea, cuyo consumo es muy restringido, el cual se recoge en los bordes en fragmentos más ó menos voluminosos. Pero en ciertos períodos, bastante raros, ocurre en el mar Muerto un fenómeno muy curioso, cual es que del fondo del agua salen vapores sulfurosos en gran abundancia y luego van seguidos de un desprendimiento de asfalto, generalmente en masas considerables que sobrenadan y son recogidas por los árabes. Esta explotación se practica desde el tiempo de los egipcios, y el producto del betún vendido para los embalsamamientos constituía un beneficio inesperado.

CAPÍTULO III

Salinas de costa.

HISTORIA. — OESTE. — AVRANCHES. — MEDIODÍA. — PORTUGAL.
AUSTRIA. — SALINAS NATURALES.

Indudablemente la extracción de la sal de las aguas del mar se ha practicado en todo tiempo. El primer documento escrito que sobre esto tenemos es la *Historia natural* de Plinio, vasta enciclopedia en que se encuentran, recogidas con la misma buena fe, las fábulas más absurdas, al mismo tiempo que preciosas reseñas sobre todos los artes de la antigua Roma.

«La sal artificial, dice Plinio, es de diversas especies. La sal común es la más abundante; se hace en las salinas con agua del mar que en ellas se coge, no sin hacer llegar agua dulce, pero sobre todo con el concurso de la lluvia y bastante sol, sin el que la sal no se secaría... En Creta, sin embargo, se hace la sal sin agua dulce... En Egipto la sal está formada por el mismo mar que se extiende en el suelo, donde yo creo el Nilo ha depositado su jugo... En Babilonia, el primer producto de la condensación es betún líquido semejante al aceite, y separando esta sustancia se encuentra la sal debajo... En Capadocia se introduce en las salinas agua de pozos y fuentes..... En Chaorina se hace hervir el agua de una fuente y por enfriamiento se obtiene una sal débil que no es blanca... Entre las sales extraídas del mar, la más estimada es la de Salamina, de Chipre; entre las sales de lagos, las de Tarento y Frigia son de muy buen aspecto. La que se trae de Capadocia en vasijas dicese que da brillo á la piel; la que hemos llamado de Cítium borra mejor las arrugas; con ella y la negrilla ó tizón se frota el vientre después del parto. Cuanto más seca está la sal, es más salada... la lluvia endulza toda clase de sal, pero el rocío la hace más agradable. El viento aquilón determina la formación más abundante, pero no se forma por el viento del Mediodía.»



Fig. 1.—Salina del siglo XVI

A, Mar.—B, Estanque.—C, Barrera.—D, Reguera.—F, Rastrillo.—G, Pala.

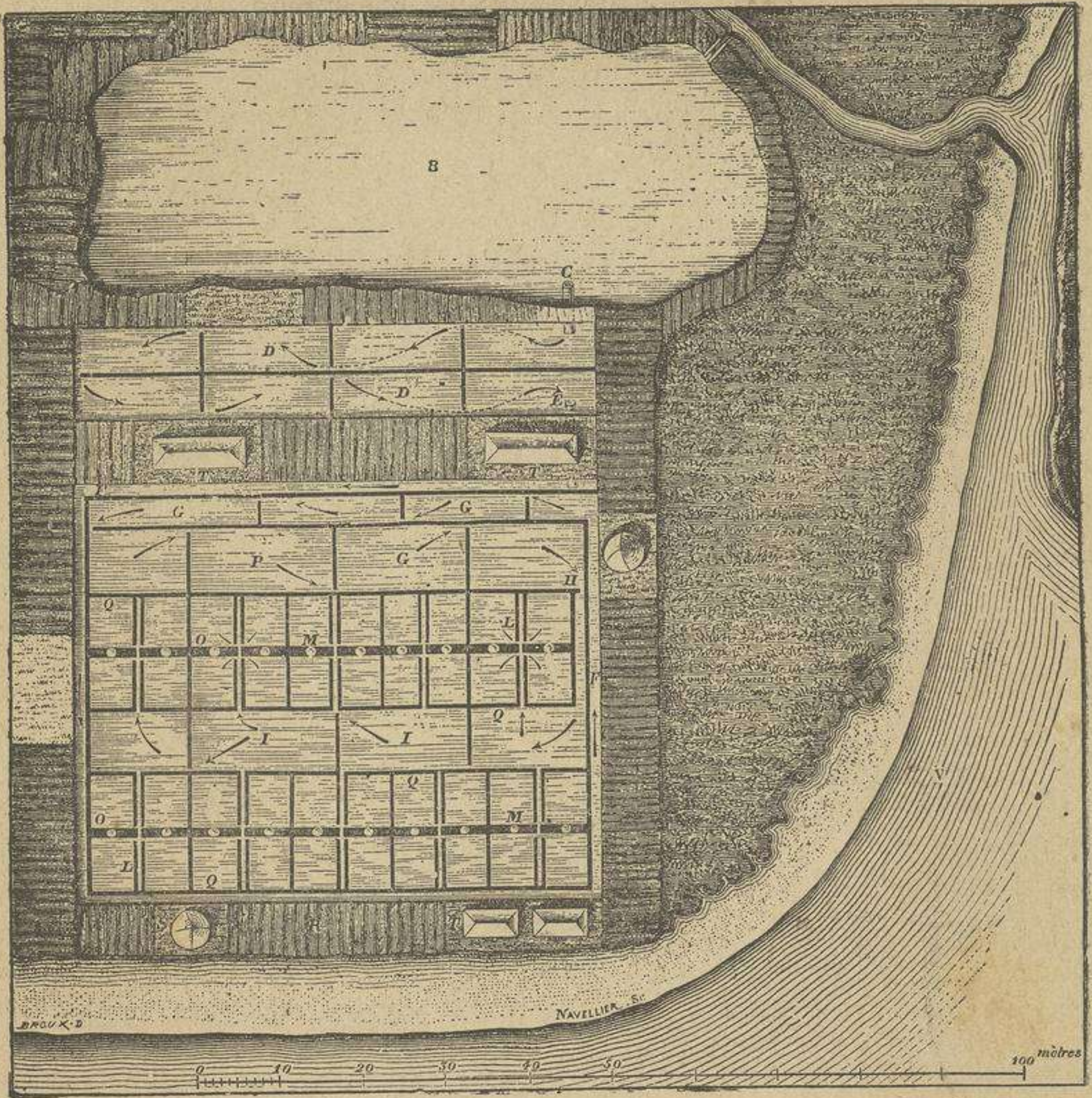


Fig. 2.—Plano y perfil de una salina del Brouage.

V, Primer estanque (*vasière* ó *jas*).—A, canal de exclusiva que conduce el agua del primer depósito al segundo depósito B (*cobier*).—C, Canalillos que distribuyen el agua de B.—D, primer estanque de concentración.—E, falsos canalillos.—F, G, H y P, canal de comunicación.—II estanque: I, muerto.—III estanque: IQ, ojetes ó áreas.—M, O, montones de sal.—T, S, *camellos*.

La descripción de Plinio, si bien da idea del modo que consideraba la formación de la sal, deja fuera de duda la calidad del producto que empleaban los antiguos. Es probable, por tanto, que supieran que sometiendo á una pequeña lluvia la sal del mar, se separaban de ella las demás sales delicuescentes y amargas que con ella estaban mezcladas. El arte salinero pasó sin grandes modificaciones de los romanos, galos, germanos é iberos á sus descendientes, y las antiguas crónicas nos demuestran desde el siglo VII salinas establecidas en Bouteilles, cerca de Dieppe. Posteriormente se establecieron salinas en Granville, Harfleur y junto al Havre.

Damos un dibujo sacado de la notable obra *De re metallica*, publicada en 1546, en que Georges Agrícola, uno de los primeros mineralogistas, consagró un capítulo á la industria de la sal. En él se ven en perspectiva muy sencilla los principales detalles de una salina, estanques, esclusas compartimientos para la sal, así como también su recolección y embalaje.

La producción de la sal en las marinas de las costas no depende únicamente de la cantidad de calor que actúa sobre la superficie evaporatoria, es preciso agregar á ésta la acción muy importante del viento seco. Así las salinas son explotadas ventajosamente en el Oeste de Francia, y en países mucho más cálidos no dan resultados. En Holanda y Bélgica, á pesar de las playas bajas que tienen, no se pueden establecer. Por la misma razón, en España se pueden explotar en el Sur y Este y no en el Norte.

En Francia esta industria se ejerce en el Oeste y Mediodía, siendo completamente diferentes las condiciones de la explotación, pues para cada localidad necesitan una descripción particular. En el Oeste, los departamentos de la Charente-Inferieure, de la Loire-Inferieure y de la Gironda, y en menor escala la Vendee, el Morbihan y la Ille-et-Vilaine, se dedican á la extracción de sal.

De una manera general, el agua del mar, recogida primero en un gran compartimiento ó estanque y un segundo llamado *cobier*, pasa un poco más concentrada á una serie complicada de compartimientos rectangulares, cada vez más pequeños, en los que se satura; la sal se recoge en los últimos, llamados *ojetes*.

Este estanque es un depósito generalmente muy grande, á donde llega el agua del mar por un canal que cierra una compuerta. Como el primer depósito (*vasière*) está destinado á la alimentación de la salina, debe estar situado de tal manera que el agua llegue á

los demás depósitos siguiendo la pendiente natural del suelo. Así, en virtud de este nivel elevado del primer depósito no se puede llenar sino en las grandes mareas de cada mes, y sus dimensiones deben ser suficientes para alimentar la salina durante este tiempo. Cerrada la compuerta, el agua contenida en este primer depósito sufre una concentración que en ciertos casos puede ser grande. A consecuencia de la disposición de los sitios se puede hacer, en efecto, que las mareas ordinarias basten para la alimentación de las salinas; en este caso se toma en el primer depósito una capa de agua menor, y sobre ella se ejerce con mayor energía la evaporación.

El depósito que está á continuación del primero es un estanque de forma irregular (*cobier*), colocado fuera de la salina y que funciona como una segunda vasija ó como un simple calentador. Al salir de él, el agua llega á la salina propiamente dicha. Esta es una superficie plana, elevada por sus bordes y cuyo fondo está dividido en compartimientos rectangulares por puentes ó pequeños diques de arcilla. El agua recorre primero el contorno de la salina, ocupado por una serie de estanques (*fares*) colocados en hilera, y cuyas aberturas están hechas diagonalmente para aumentar todavía el camino del agua.

Después de haber recorrido sucesivamente los estanques anteriores el agua llega á grandes compartimientos rectangulares (*adernes*), que por medio de un canal lateral ó desagüe alimenta los *ojetes*.

Las mareas de las costas de Francia alcanzan á veces más de 5 metros de desnivel en la bajamar y pleamar, por lo que los diques que protegen la salina contra la invasión de las mareas tienen esta altura. Los estanques, dispuestos en hilera, tienen de 7 á 8 metros por 10 ó 12, y los depósitos rectangulares mayores tienen 10 metros por 20 en general. Un tronco de árbol taladrado conduce el agua del primero al segundo estanque. La entrada de los ojetes se hace por pizarras agujereadas situadas en el espesor del desagüe, cuyos agujeros á diferentes niveles sirven para regular la capa de agua de los ojetes.

Estos dos compartimientos son de 45 ó 75 metros cuadrados. En medio del puente, en uno de sus lados mayores, se encuentra una pequeña plataforma redonda que sirve al salinero para reunir la sal extraída del ojete.

Los salineros comienzan su trabajo á primeros de marzo. Durante el invierno, las salinas están abandonadas á sí mismas, y

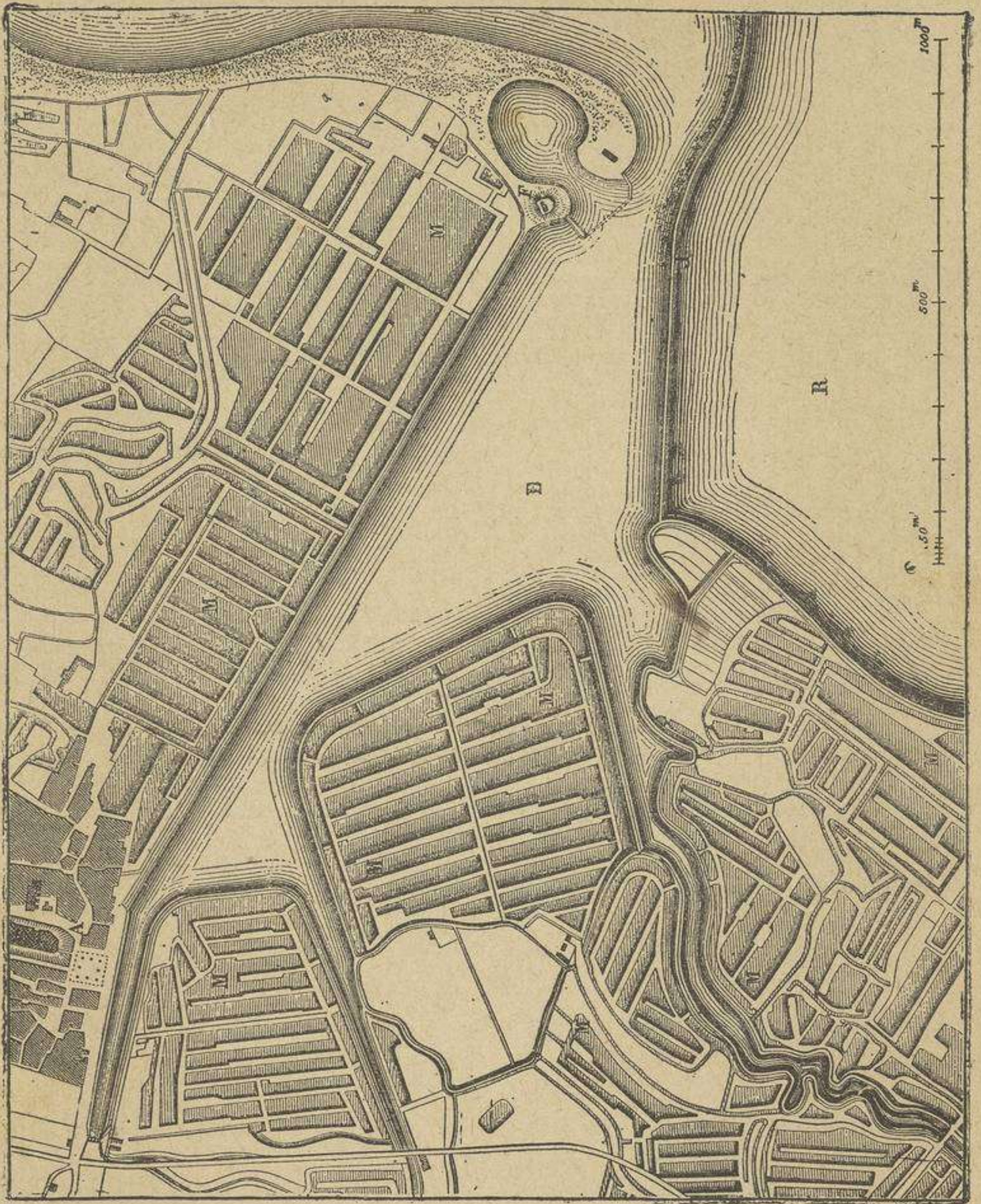


Fig. 3.—Plano general de las salinas de Noirmoutiers.

A, una parte de la población.—B, bahía.—F, fuerte.—J, muelle
M, M, salinas.—R, mar.

sus diques, recubiertos de agua de mar diluída por las lluvias, están ordinariamente al principio de la estación muy maltratados.

El primer cuidado del salinero es poner todo en condiciones, lo que no deja de ser largo y penoso, á causa del trabajo en la vasija y el agua muy fría. Sólo la limpieza del primer depósito, efectuada todos los años ó cada dos años, dura hasta mediados de abril, en que les toca el turno á los canales de madera, que se reparan ó reemplazan. Se vacia lo más posible la salina por un canal que se abre en la parte más baja del desagüe y que funciona en la marea baja. Únicamente los ojetes, que están á un nivel un poco inferior, no pueden vaciarse completamente. Los pequeños diques que separan los compartimientos se rehacen con la pala y las demás vasijas ó estanques se limpian. Próximamente el 15 de mayo están terminados los trabajos preparatorios.

Durante este tiempo, el agua del mar, que previamente se había introducido en el primer depósito y después en el segundo, ha sufrido una concentración previa y se la hace pasar inmediatamente á los compartimientos siguientes, y últimamente á los ojetes cuyo fondo se ha alisado, con lo que la evaporación marcha regularmente, y hacia el 1.º de junio la sal comienza á precipitarse. La capa de agua que circula en las salinas es de muy poco espesor, en los estanques superiores no pasa de 2 centímetros; pero á causa del pequeño declive y las irregularidades inevitables del suelo, la altura es un poco mayor. El agua del mar, que marca 5 ó 6º en el areómetro pesa sales al salir del segundo, marca de 16 á 18º en los terceros. Las dimensiones de los ojetes, variables en cada localidad, no pasan casi nunca de 40 metros cuadrados, porque es preciso que el salinero pueda llegar á todas sus partes desde la plataforma en que está para recoger la sal.

El aparato de que se sirven para este objeto es un rastrillo formado por una plancha ligera de un metro de ancho, con un mango perpendicular de 5 á 6 metros. Cada veinticuatro horas se introduce en el ojete una nueva cantidad de agua de la vasija anterior.

Si se quiere obtener sal muy fina y muy ligera, se retira todos los días, y en el caso de desear obtenerla más gruesa, únicamente cada dos días. Sucede entonces que el agua introducida por la tarde, que marca 18º á lo más y no está ni con mucho saturada, disuelve la sal formada durante el día, y tanto mejor si se tiene

el cuidado de agitar con el rastrillo, y al día siguiente la cristalización es más abundante.

En este estado hay que practicar una operación muy delicada, que es la separación de la sal del ojete. Para apreciar esta dificultad basta considerar que la sal está en el fondo de una vasija muy blanda y que hay que retirarla sin arrastrar este fondo. Para ello el obrero, armado con su rastrillo, arrastra delante de sí sin tocar al fondo la capa de agua, y el movimiento ondulatorio producido basta para desalojar la sal y reunir la poco á poco en el extremo opuesto. Basta arañar el suelo, aunque sea muy ligeramente, para que el fondo se remueva y ensucie la sal, por lo que la operación es más fácil de describir que de hacer y exige una gran destreza. En tanto que el primer ojete deja depositar la pequeña cantidad de tierra que el solo movimiento del agua ha podido levantar, el salinero comienza su trabajo en el segundo. Vuelve luego á la sal aclarada del primero, que lava varias veces con agua y luego la saca sobre el borde del estanque.

Hecho este trabajo, ordinariamente se deja que la sal recogida escurra durante toda la noche. Al siguiente día por la mañana se lleva á los diques, donde se forman montones. Para este trabajo de portear se emplean generalmente mujeres y niños.

Los montones se golpean entonces para que su superficie sea más compacta y se cubren de una capa de cañas ó bagazo, solos ó mezclados con arcilla. En este estado pueden permanecer un tiempo bastante largo, según las circunstancias atmosféricas; la humedad del aire y el agua de lluvia penetran á través de esta cubierta y disuelven poco á poco las sales delicuescentes, como las de magnesia, que comunican á la sal sabor amargo.

Esta solución se va separando por la parte inferior del montón, y la merma causada, ya sea por su desaparición ó por desecación de la sal, es próximamente de 5 por 100 en el primer año y de 2 por 100 en los años sucesivos.

La marcha de operaciones que hemos descrito es rara vez tan regular como se ha dicho. La recolección de la sal, que habitualmente se hace del 15 de junio al 15 de septiembre, puede ser interrumpida por varias circunstancias. Las lluvias son el mayor enemigo del salinero; cuando son muy abundantes pueden diluir bastante el agua de la salina, para hacer imposible la cristalización; en estos casos no hay más remedio que vaciarla por completo y tomar nuevamente agua en la primera vasija. Otras veces es una chaparrada súbita lo que obliga al salinero á recoger

precipitadamente la sal ó á transportarla durante lá noche del ojete al montón, que resiste bastante mejor la acción disolvente. Teniendo en cuenta estos percances, apenas se puede fabricar sal sino durante un mes ó cuarenta días todo lo más en el año, pues es bien raro que haya quince días sin lluvia.

Según las localidades, varían ligeramente los detalles de la fabricación. Así, en las salinas de la Charente-Inferieure se obtiene la sal en intervalos variables de tres á cinco días, y al fin de la temporada, en septiembre, no se hace nada más que una recolección por semana. En la Vendee se separa la sal cada tres días, siendo la capa de agua que se introduce en el ojete de 3 á 4 centímetros de altura. En las arenas de Olonne y Noirmoutiers, la capa no pasa de 2 centímetros y la recolección se hace generalmente todos los días. Además de la sal gris, que debe su color á una pequeña porción de tierra del suelo del estanque, se obtiene de la salina una sal muy blanca y muy fina, que se forma en la superficie del agua y que se espuma, por decirlo así, con una pala delgada; de esta sal se recolectan cantidades muy pequeñas, pues no se forma sino por un buen tiempo prolongado.

La recolección se termina en septiembre, mes de condiciones atmosféricas desfavorables por un fenómeno que los salineros designan con el nombre de requemaduras, y que resulta de la concentración indefinida de las aguas madres.

Se ha visto que todos los días hay que refrescar el agua del ojete agregando un poco de la de la segunda vasija. Por tanto, el agua madre, que no se evacua nunca, se concentra cada vez más. Al principio de la temporada su influencia es más bien favorable, y el ojete que ha funcionado cierto tiempo produce más rápidamente sal y está mejor cristalizada; pero al final las aguas madres terminan por marcar hasta 35° en el areómetro, á consecuencia de la cantidad considerable de cloruro magnésico que tienen en disolución. La sal es, como se sabe, bastante menos soluble en un agua así saturada que en el agua pura, y por tanto en contacto de este agua madre el agua que se agrega deja inmediatamente precipitar la sal común, y como los cristales de cualquier sal son tanto mayores cuanto más tiempo estén formándose, el precipitado así obtenido está cristalizado confusamente y es de una tenuidad extrema.

Esto es un gran inconveniente, porque la sal extraída del ojete en estas condiciones arrastra en su masa una gran cantidad de agua madre, las sales acaban por ser más abundantes que el

cloruro sódico y se inutiliza la recolección. En este caso, el agua del ojete, muy dulce y muy viscosa, debe tirarse, y esta operación señala ordinariamente la terminación de la temporada.

El método largo é imperfecto seguido por los salineros del Oeste de Francia se ha perfeccionado por Roux, de Rochefort. Una gran charca llamada *nodriza* recibe el agua del mar, que sale de los primeros depósitos (*fares*) y en ella se concentra á 24°. Comunica con tres áreas laterales, cuyo suelo bien liso está apisonado.

Estos reciben el agua muy límpida de la nodriza en un espesor de 2 á 3 centímetros, y se tiene en ellos diez, quince y más días sin agitarla ni moverla. La sal no tarda en depositarse perfectamente blanca en capas más ó menos gruesas. Se inspecciona la concentración del agua de modo que su densidad sea igual ó superior á 27 ó 28°, y el agua de la nodriza se reemplaza á medida que se evapora con la nueva de los *fares*.

La sal no se recoge sino al cabo de diez ó quince días, y su oreado se hace bien en el borde del área salante ó bien con una centrífuga. Seguidamente se la expone al sol en capas poco gruesas antes de almacenarla en pirámides. Este modo de obtención es bastante más sencillo que el trabajo difícil de separar la sal de los ojetes. Así la sal se produce de una manera continua y da cristales notables por su pureza y volumen. La cristalización se agota así todo lo que es posible, excepto en el caso de un cambio de tiempo, en el que se separa rápidamente la sal. Analizada la sal así preparada, ha dado comparativamente á la obtenida por el método ordinario mejores resultados, pues contiene hasta 97 por 100 de cloruro sódico puro y cantidades sumamente pequeños de cloruro y sulfato magnésicos, así como otras materias extrañas, en tanto que la sal gris ordinaria apenas tiene 88 por 100 de cloruro sódico, como ya hemos dicho.

Las 10.000 hectáreas de salinas del Oeste de Francia producen próximamente 250.000 toneladas, esto es, de 25 á 30 toneladas por hectárea.

Las salinas, como hemos dicho, producen sal gris, y existe el prejuicio arraigado de que este producto sala más que la sal blanca, por lo que en las poblaciones del litoral no consumen otra. Pero para la mesa, la sal debe blanquearse.

Con este objeto hay pequeñas fábricas, sobre todo en Croisic y en Pouliquen, que reciben la sal que los buques llevan de las salinas y la someten á las operaciones del lavado y refino.

Se echa la sal en un canal de madera, al que se hace llegar una corriente de agua de mar saturada que no puede disolverla, y obra de una manera mecánica arrastrando el producto bruto sobre un par de cilindros trituradores, y la pasta así formada cae en un cuezo de madera inclinado que debe ascender. A este efecto, un árbol lleva en su circunferencia una serie de paletas que forman una especie de tornillo de Arquímedes discontinuo. Las paletas están inclinadas sobre el árbol, de manera que tienen una doble acción: hacen ascender, arrastrándola, la masa de sal y agua hacia la parte superior de la pila ó cuezo, y llenan igualmente el oficio de agitadores dividiendo la mezcla. Si el derrame tuviera lugar siguiendo la pendiente, la operación se haría muy rápidamente y el agua abandonaría la sal. De ordinario se disponen en cascada dos ó tres de estos lavadores, y la sal cae automáticamente de uno en otro. Ultimamente, una cadena de cangilones la transporta á un último aparato lavador. El agua del primer lavado sale por los agujeros de los cangilones de palastro agujereado, la sal encuentra nuevamente una corriente de agua de mar saturada perfectamente clara y acaba su purificación mecánica.

Entonces se conduce á la estufa, vasto espacio cúbico formado por planchas, calentado por medio del vapor perdido de los generadores. Esta primera operación, que ha separado de la sal todas las sustancias térreas, debe ir seguida de la refinación que consiste en disolver la sal y recristalizarla. La disolución se hace en agua de mar que se saca del muelle. Este agua salada, abandonada en grandes depósitos, se clarifica y conduce luego á las calderas de evaporación. Estas son grandes vasijas planas de palastro que se calientan con hulla, y en las que se introduce una capa de agua de 40 á 50 centímetros. Cada *cocción* dura veinticuatro horas, y la capa de agua, al cabo de este tiempo, queda reducida á 10 centímetros. Por el refino se obtienen las variedades comerciales de la sal. Si se quiere sal muy fina se mantiene el agua en ebullición y se retira constantemente la sal formada, cuyos cristales son muy pequeños. Cuando se quieren sales medias ó gruesas, se separa la sal diariamente ó cada dos días y no se calienta nunca á la ebullición.

Los cristales son tanto más gruesos cuanto más lentamente se forman. Obtenidos éstos, sólo falta desecarlos para expenderlos al comercio. Generalmente, y en tanto que se puede, se deja secar simplemente dejando que escurran sobre planchas; en otros casos hay que recurrir á la estufa, que seca más rápidamente, pero

presenta inconvenientes múltiples, pues la sal toma color rojizo y atrae enérgicamente la humedad. Las sales delicuescentes que le comunican esta propiedad no se han eliminado como en el procedimiento anterior, sino que simplemente se han desecado y no tardan en tomar su agua evaporada.

Se refina sobre el agua madre hasta que la sal comienza á tomar un tinte rojizo, en cuyo caso es preciso vaciar la vasija evaporatoria; pero las aguas madres, que marcan de 28 á 30°, se someten á la revivificación y se vuelven al refino. Se tratan para ello por cal que precipita la magnesia y el ácido sulfúrico en estado insoluble. Agregaremos, en fin, que únicamente se refina la sal que ha estado dos años en los montones; la sal del año, aparte de la pérdida considerable de 20 por 100 que sufre, se refina mal, porque la solución se hace pronto densa y viscosa, y la sal obtenida es delicuescente.

Para 100 kilogramos de sal fina se necesita igual cantidad próximamente de hulla. Las dos operaciones de lavado y refino recargan el precio de la tonelada de sal en 50 francos.

El refino de la sal constituye una industria de gran importancia para las salinas de la Lorena y del Jura, como detalladamente veremos en otro capítulo.

También se refina sal en los Bajos Pirineos y en el Nordeste de Francia, y en París, donde generalmente se utiliza la sal procedente de la salazón del bacalao, que, previamente calcinada para privarla de olor desagradable, da un producto muy bueno.

La refinación de la sal nos obliga á hablar de una antigua industria, hoy abandonada, que se practicaba en Avranches y que consistía en lavar las arenas de la playa.

Se recogen éstas durante el verano, de junio á agosto, porque la lluvia más pequeña puede comprometer la operación, haciendo para ello uso de un aparato especial, formado por una plancha de encina de 2 metros y 1 pie de grueso, provista de una banda de hierro en bisel. Se enganchaba á ella un caballo, y una especie de mango permitía al obrero elevar el aparato cuando era preciso. La recolección consistía en elevar de 3 en 3 metros, primero á lo largo, montones de arena, que se completaba por el mismo trabajo hecho al través. Estos montones tienen próximamente 1 metro cúbico y están á la distancia de 2 metros. Se abre en la proximidad una especie de gran cuba de 2,50 metros de profundidad, que se llena de la recolección, y se acumula por cima de ella y se recubre de arcilla el montón cónico formado,

teniendo cuidado de disponer una pendiente central para conducir á algunos metros las aguas de lluvia.

El salinero trata la arena así recogida en una especie de cuba formada por tablones reunidos por planchas. En el fondo se pone paja recubierta de planchas, y se rocía durante cuatro horas la masa de arena. El agua filtrada que sale así se recibe en dos toneles, separando la solución de cabeza, muy concentrada, y la de cola, que no lo está tanto; el salinero aprecia su densidad por un medio primitivo, que consiste en hacer flotar sobre la solución tres bolas de cera del tamaño de una avellana. Si contiene la cantidad deseada, las tres bolas sobrenadan y la operación es buena.

Sométese entonces á la evaporación en calderas de plomo de 30 litros, poco profundas, colocadas sobre hornos. Se calientan con leña, pues la instalación es tan primitiva que no tiene chimenea; el fuego se conduce muy vivamente, y durante hora y media lo entretiene el salinero y espuma la solución. Cuando aparece la sal se cambia la caldera, y de nuevo se pone fuego hasta que aparece una nueva cristalización. La duración total de la operación apenas es de dos horas, pasadas las cuales se retira la sal con una pala de madera para dejarla gotear en una cesta de mimbres.

Calentando sin interrupción se pueden obtener 175 kilogramos diarios, que con el valor de las cenizas vendidas como abono valen más de 13 francos. Descontando los gastos de compra de arena, alquiler, combustible, pérdidas, etc., el beneficio neto se reduce á 2 francos diarios. Admitiendo como máximum tres meses de recolección, resulta un beneficio anual de 180 francos, que es poco remunerador, por cuya razón este procedimiento no se usa.

La sal así obtenida era muy pura, porque suspendida en cestas sobre las calderas de evaporación pierde completamente las sales deliquescentes; se tiene mucho tiempo en los almacenes y luego se vende con el nombre de sal *ignífera*; es blanca y como nevosa.

Este método, que no tiene nada más que un interés histórico, en Francia al menos, es muy antiguo. En 1121, el canónigo de la iglesia de Avranches no tenía otras rentas más que las de la sal. Un edicto de 1546, relativo al país del *cuarto caldo*, así llamado á causa del impuesto que tenían las salinas, y que ascendía á la cuarta parte del valor de la sal, fué aumentado poi

tasas diversas hasta la mitad de este valor. El país del *cuarto caldo* se vió obligado á aprovisionarse en estas salinas, cuya importancia desapareció en 1790, cuando la sal fué relevada de todo impuesto.

El procedimiento de lavado de las arenas se utiliza todavía en Inglaterra. Se lava con agua de mar, y las soluciones saturadas obtenidas se evaporan en grandes calderas análogas á las que se emplean en la explotación de los manantiales salados.

En Lymington, en las costas del Hampshire y en la isla de Wight se emplea un método mixto. El agua del mar se concentra en salinas naturales, pero el final de la evaporación se hace en calderas calentadas con hulla.

El bajo precio de este combustible en Inglaterra hace hasta posible la evaporación directa del agua del mar. En Liverpool y sus cercanías se extrae indirectamente el agua del mar, utilizándola para refinar la sal *gemma* en vez de agua pura, con lo que es evidente que su sal se agrega á la que se trata.

En Holanda y el Norte de Alemania se sigue igualmente este procedimiento, muy racional, y á la calidad de la sal de Holanda se debe el renombre de los arenques y la manteca de este país. Como se ve, es una especie de término medio entre la sal media y la extraída de los manantiales salados por la acción del fuego ó sal *ignífera*.

Las salinas de la costa del Mediterráneo deben ser motivo para un capítulo aparte. Su disposición y sus productos son distintos de los que hemos visto en el Oeste. Se sabe que el Mediterráneo, por razón de su pequeña extensión y los límites estrechos que le hacen un gran lago, no presenta casi mareas, y por tanto no se puede utilizar este fenómeno natural para llenar periódicamente un primer depósito ni para permitir al agua madre salir para limpiar la salina.

He aquí cómo se procede: Las salinas están divididas en tres grupos de vasijas ó estanques. Unos son exteriores y reciben directamente el agua del mar, que circula siguiendo la pendiente natural, de modo que recorra el mayor camino posible y se concentre para marcar 8° en el areómetro. Entonces pasa el agua al segundo grupo de estanques interiores, que la concentran á 25°; desde éstos pasa á los *tableros salantes*, donde se efectúa la cristalización de la sal.

Los estanques ó vasijas interiores, llamados también *calentadores*, están divididos cada uno de ellos en varios comparti-

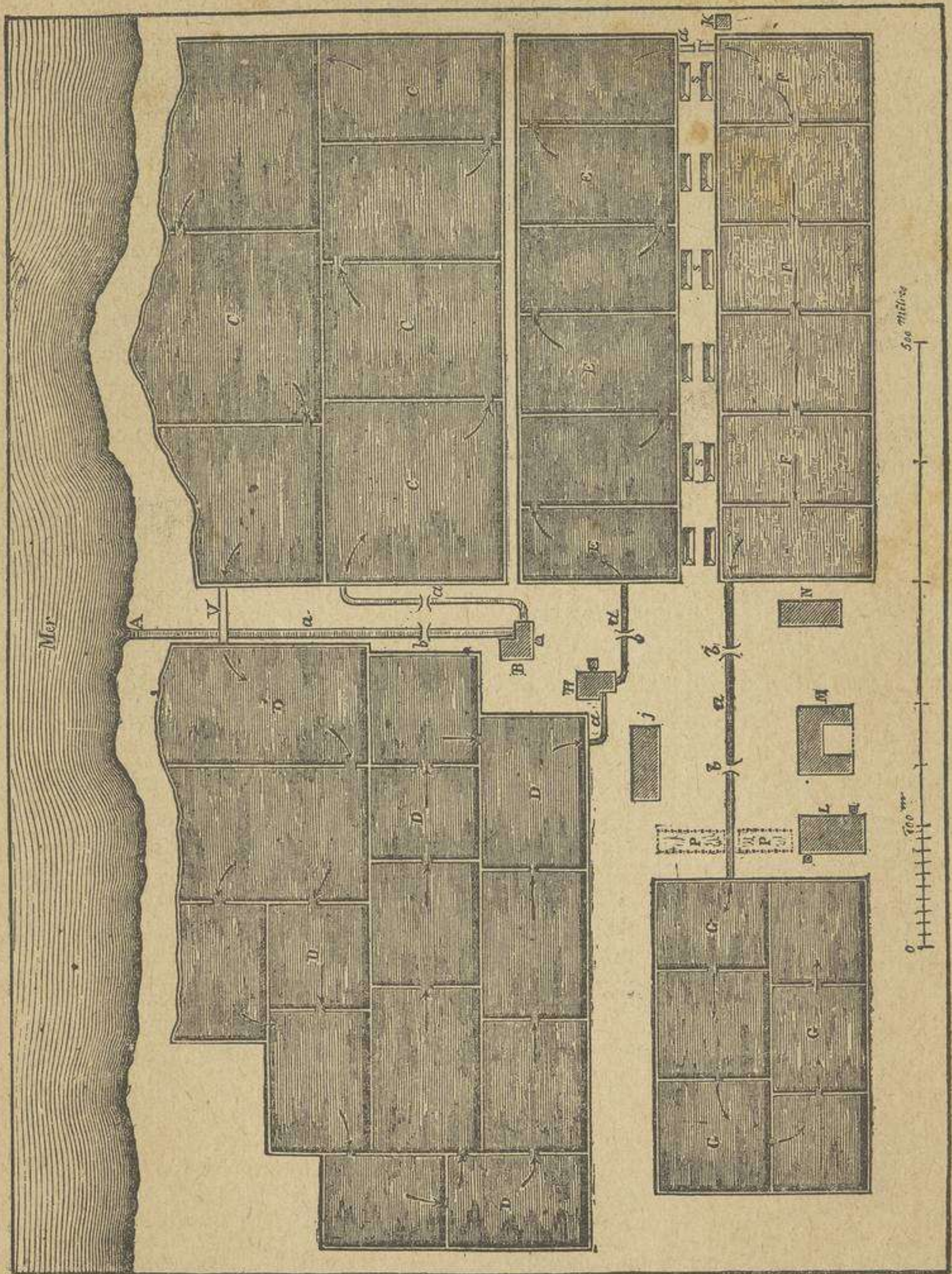


Fig. 4.—Plano de las salinas de Rassuen.

mientos, separados por diques, que el agua recorre siguiendo la pendiente. Los tableros salantes, precedidos muchas veces de una pequeña antevasija, están separados por diques de tierra que comunican por agujeros hechos en diagonal. Por razón del movimiento continuo de evaporación cada compartimiento recibe agua casi siempre semejante, y la producción de la sal en el tablero salante es continua y forma una capa cada vez más gruesa.

Esta es, como se ve, una diferencia importante con las salinas del Oeste, á la que hay que agregar otra no menos esencial. El agua del mar se introduce naturalmente en el primer grupo de vasijas y su nivel es siempre el mismo, con lo que no podrá circular por los otros en virtud de la misma pendiente, porque entonces sería necesario suponer el suelo más bajo que el mar; pero aun admitiendo que esto ocurriera, como algunas veces sucede, no se utilizaría, prefiriéndose elevar mecánicamente el agua, primero á las vasijas interiores y luego á los tableros salados, que pueden de esta manera vaciarse libremente en el mar cuando se quieren limpiar.

Esta disposición necesita máquinas elevadoras, y se comprende que es más ventajoso elevar aguas ya concentradas á un pequeño volumen que el agua del mar, cuya gran cantidad haría muy costosa la operación.

Además, las salinas de la costa del Mediodía de Francia son, en mayor escala que las del Oeste, una verdadera industria química; no son de una infinidad de propietarios de poco capital, sino de poderosas compañías que explotan hasta miles de hectáreas de salinas.

Tres clases de obreros están ocupados en ellas: unos trabajan todo el año y son los salineros, muy poco numerosos, en la proporción de uno para 20 á 30 hectáreas y á veces más; otros son los peones que reparan la salina, la limpian y trabajan en la expedición de la sal, y últimamente, durante un mes ó seis semanas, se ocupa un gran número de destajeros, que generalmente vienen de países lejanos, para la recolección de la sal.

De octubre á febrero la salina está cubierta de agua, incluso los tableros salantes, que se tiene cuidado de inundar, con el fin, aunque parezca paradójico, de preservarlos de la lluvia, que los deteriora mucho.

En marzo comienzan los trabajos, y después de haber puesto en condiciones los estanques se admite agua en el primero, después en el segundo y así sucesivamente, para establecer una co-

riente regular y continua de agua salada, que siempre se interrumpe por la noche. El agua se concentra cada vez más, y á fin de mayo puede admitirse en los tableros salantes. Estos deben ser objeto de una preparación minuciosa, que tiene por objeto cubrir su fondo de un tapiz vegetal ó fieltro.

Para ello se deja llegar á ellos agua muy poco salada, que se deja evaporar hasta 8°. Deposita así una primera capa de fieltro, formada por algas vivas entrelazadas muy finas; repitiendo la operación tres ó más veces, se obtiene, después de haber vaciado el tablero, un revestimiento de fieltro que se aplana con un rodillo de piedra y después con la pala. Es muy importante el obtenerle perfectamente continuo y no hendido, lo que se consigue pasando el rodillo antes de que la capa precedente esté muy desecada. Trabajado así con el rodillo y la pala, el revestimiento vegetal adquiere la consistencia del cuero, aunque formado, como está, por un alga filamentosa muy fina, el *microcoleus corium*. Aumentándose todos los años las capas, se llega á constituir en el fondo un revestimiento grueso muy adecuado y muy sólido, que presenta la gran ventaja de preservar á la sal de toda impureza del vaso. Esta curiosa operación no es igualmente útil en todas partes, y aun se intenta evitar la formación de este fieltro en ciertas salinas en que el desprendimiento de burbujas gaseosas levanta el fieltro, que se separa del fondo. Entonces la naturaleza del fondo, formada por arcilla compacta, hace completamente inútil su empleo, pues la sal no arrastra ninguna partícula terrosa. Este fieltro se forma espontáneamente siempre que los tableros se abandonan con una capa de agua poco concentrada, y los salineros no tienen más que regularizar su crecimiento.

Sea como quiera, se introduce agua salada muy próxima á la saturación en los tableros preparados, presentando las salinas de diversos puntos diferencias locales en el modo de conducir la operación.

En Herault, por ejemplo, la circulación de un tablero á otro se hace de suerte que cada uno conserva el mismo grado de concentración y da sales diferentes; cerca de Cette, los estanques vierten directamente su agua en cada tablero. Los estanques ó vasijas son de forma generalmente irregular y de superficie variable. Tienen de 50 á 120 metros de lado y están separados por diques de tierra reforzados con fagina y estacas. El fondo está lo mejor nivelado posible, de modo que siendo muy pequeña la capa de agua cubre toda la superficie evaporatoria.

Pequeñas compuertas permiten regular la velocidad de salida. Los tableros salantes, según la naturaleza del suelo y el grado de concentración del agua, tienen una superficie igual á $\frac{1}{6}$ ó $\frac{1}{10}$ de la superficie total.

La elevación del agua se hace generalmente en una vasija de espera que precede á los tableros, y se llama *anteestaque*; esta es la parte más elevada de la vasija, de donde el agua va á los tableros salantes después de haber sido clarificada. Para esto se usan grandes ruedas y tímpanos, cuando el desnivel no excede de un metro, y bombas ó turbinas movidas á vapor.

Los tableros salantes son rectangulares ó cuadrados, y sus paredes están cuidadosamente establecidas por medio de planchas sostenidas por pies verticales, de modo que la sal está separada del fondo por el fieltro y no puede ensuciarse en ningún punto; comunican con los anteestaque por un sistema de canales estrechos llamados *agujas*, que desempeñan un papel doble: alimentan los tableros de agua salada, de una parte, y de otra pueden servir para vaciarlos completamente. Las aguas madres se evacuan así fácilmente, y hasta se puede, por medio de compuertas de vertiente, arrojar rápidamente, en caso de lluvia abundante, la capa superficial de agua no saturada, que comprometería la cristalización.

Que el tablero comunique independientemente con el anteestaque ó que forme parte de un sistema en que el agua circula regularmente para compensar la evaporación, llega un momento en que el agua madre está tan cargada que no puede dar más sal; entonces se retira, y se utiliza para obtener diversos productos; según el grado de concentración á que se retire se obtienen tipos de diferentes sales, hasta tres, que constituyen variedades comerciales.

Los salineros emplean generalmente para obtener un depósito más rápido de sal las aguas madres concentradas del año precedente, que hacen llegar en proporciones variables, sea al mismo tablero ó á un compartimiento especial llamado *nodriza*. Esta práctica está fundada en el hecho de que las aguas muy cargadas de sales magnésicas precipitan rápidamente la sal, pero ésta resulta delicuescente y requiere una larga exposición al aire para separarle las sales magnésicas. Sin embargo, este procedimiento no se emplea nunca en las grandes salinas de producción continua, en que se quiere obtener dos ó tres tipos de sal, según las necesidades del consumo.

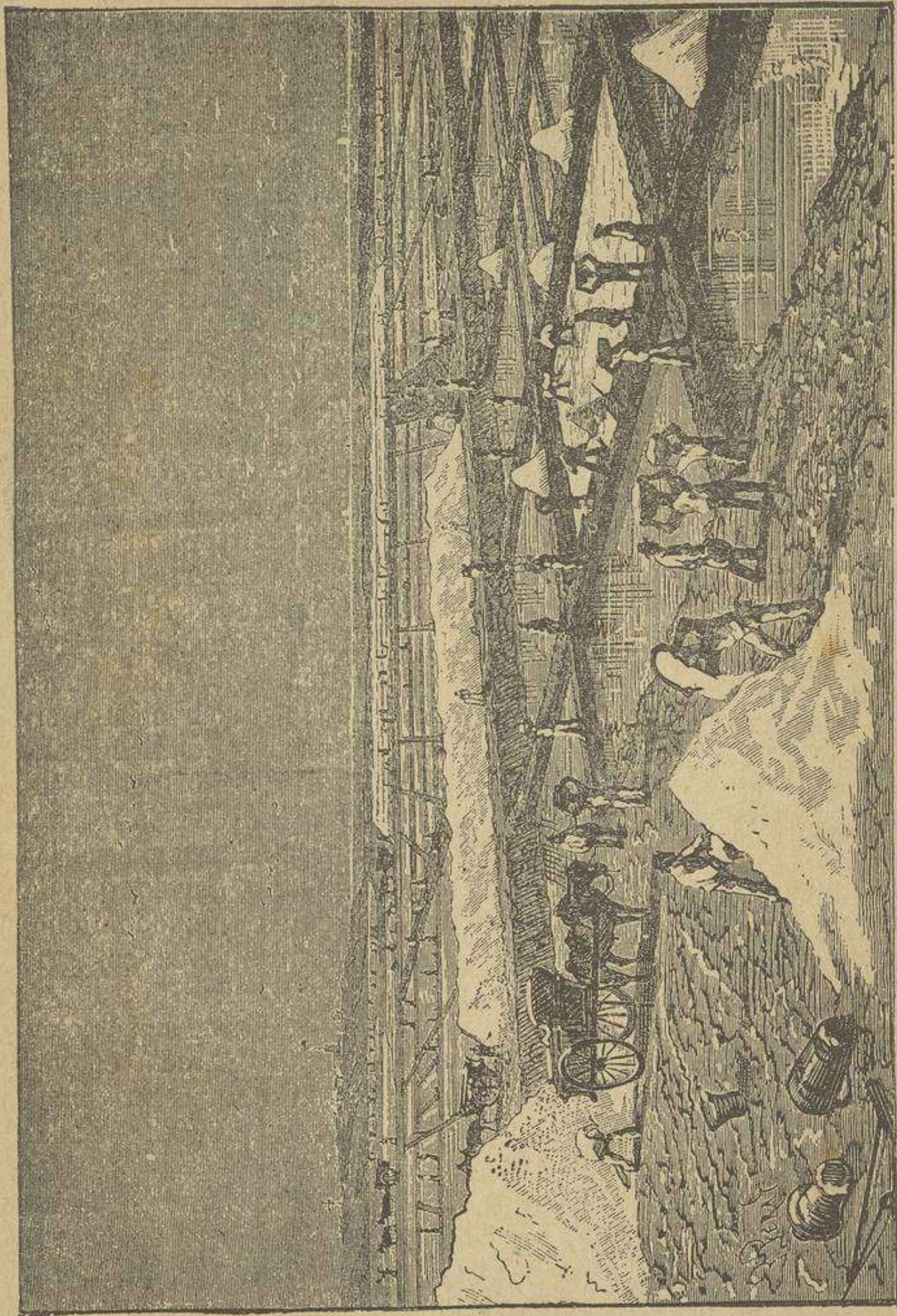


Fig. 5.—La extracción de la sal en una salina del Mediterráneo.

Una vez formada la sal, se recoge en julio y agosto. Sobre el fondo del tablero forma una capa de 3 á 6 centímetros; para extraerla se comienza por hacer salir el agua de que está cubierta, y después de escurrirse algunos días se separa la sal del fondo con una pala herrada que se desliza bajo la capa. Fórmanse así pequeños montones cónicos ó *gavillas* de 5 á 6 toneladas de sal, que se dejan todavía escurrir algunos días. Se transportan entonces sobre anchos malecones dispuestos á lo largo de los tableros y se forman grandes montones piramidales, llamados *camellos*. Para conducir la sal de unos montones á otros se emplean obreros que aumentan grandemente los gastos de obtención; en algunos puntos se sustituyen por pequeños trenes de vagonetas movidos mecánicamente. En la gran salina de Giraud, en Camargue, un canal hecho exprofeso pasa á lo largo de los tableros, y la sal en ellos recogida se transporta por barcos bajo una grúa de vapor que los vierte en los montones mayores, necesitándose así una tercera parte de obreros. La recolección dura próximamente un mes; hacia fines de julio comienzan á hacerse las gavillas, operación muy penosa, y se termina á mediados de agosto, huyendo cuanto es posible de las lluvias. La conducción se prolonga hasta principios de septiembre próximamente, haciéndose por regla general una sola recolección anual; pero en ciertos sitios, y según el consumo, se hacen hasta cinco y seis. Los grandes montones se cubren con juncos y tejas ó se dejan completamente al descubierto, de modo que las lluvias lixivien la masa y arrastren las sales de magnesia de una manera equivalente al lavado mecánico efectuado en las salinas del Oeste, con lo que la sal tiene mejor aspecto y es más pura. Obtenida del modo dicho, tiene por poco 95 por 100 de sal pura, en tanto que la sal gris de Bretaña, antes de la refinación, sólo tiene 87 por 100.

En capítulo especial veremos el tratamiento á que se someten las aguas madres de las salinas del Mediodía de Francia en vez de dejarlas perder. Las salinas del Mediodía cubren próximamente 8.000 hectáreas y producen anualmente 30.000 toneladas de sal.

Portugal es en Europa el país salinero por excelencia, y Ceto-briga, hoy Setubal, producía en tiempo de Plinio una de las sales más renombradas; los precios á que se vende puesta en los puertos franceses son inferiores á los de las salinas del Oeste, y pueden hacerle seria competencia. Portugal junta á una temperatura elevada vientos del Noroeste muy secos, que producen una

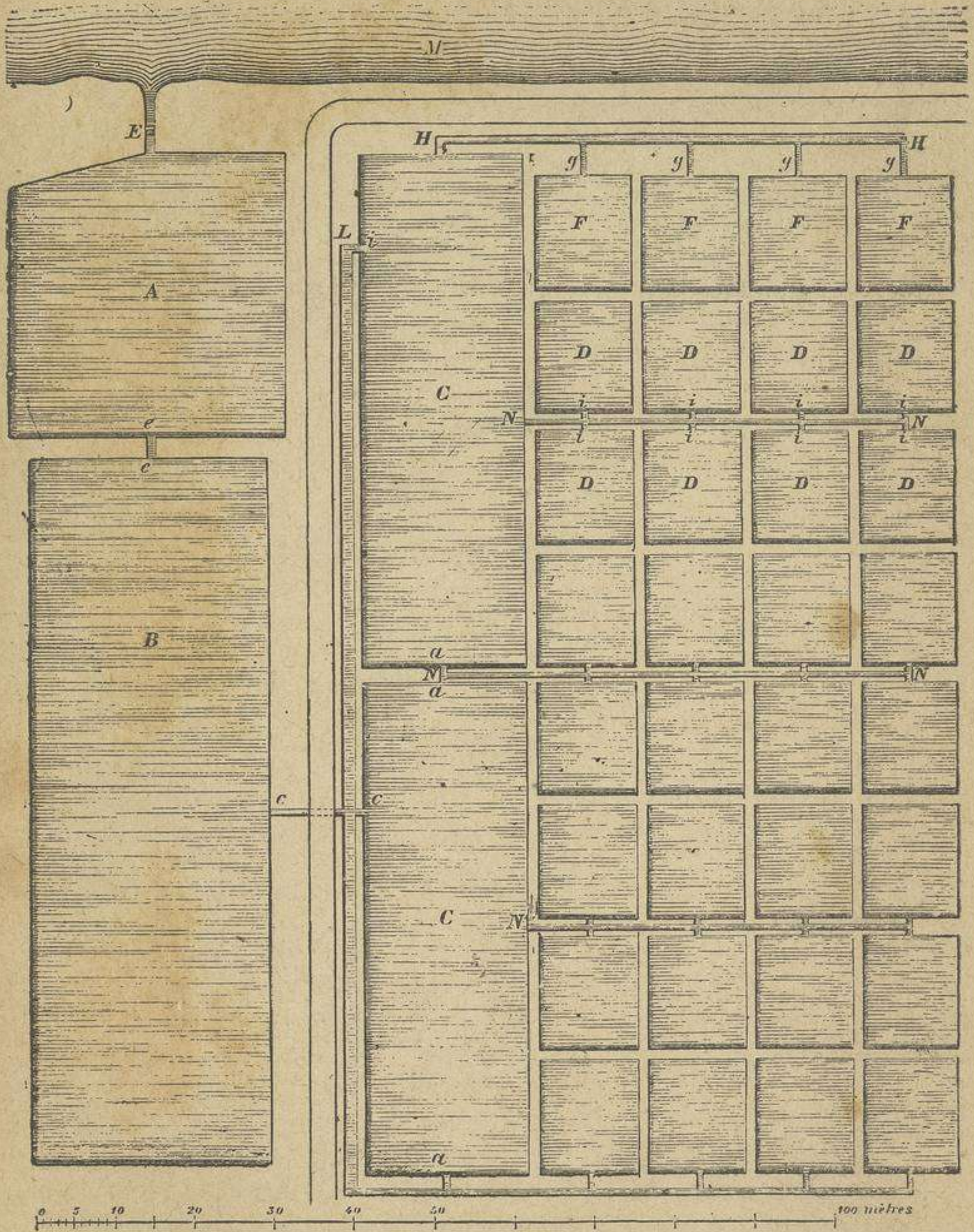


Fig. 6. — Plano de una salina de Setubal (Portugal).

evaporación extremadamente rápida. Las salinas, que son en número de 1.000 próximamente, y producen anualmente 250.000 toneladas de sal, están repartidas en tres grupos al rededor de Lisboa, Setubal y Aveiro.

Las salinas de la costa de Setubal, que son próximamente 380, en los bordes de la bahía de Sado, son sumamente sencillas. Son éstas grandes cubetas de 2 ó 3 hectáreas, divididas en cuadros de 20 centímetros de profundidad y de una superficie de 100 á 150 metros cuadrados, que están separados unos de otros por calzadas de 1 metro y comunican con un gran depósito en que se almacena el agua del mar, que llega directamente á los *meios* ó cuadros que representan los tableros salantes.

El depósito comunica con el mar por un canal cerrado por una compuerta y recibe el agua en la alta marea. Los escombros procedentes de su confección sirven para rodearle de un muro, y una vez obtenida la cubeta de 50 á 60 centímetros de profundidad se divide por tabiques rectangulares. Los cuadros así formados son de dimensiones muy desiguales, y unos sirven de depósitos y otros de tableros salantes. Se deja secar durante un año, y después se introduce el agua del mar; sólo después de transcurridos dos ó tres años se puede pensar en la recolección. Durante este tiempo se desarrolla en el fondo de la salina un alga verde, cuyos filamentos entrelazados forman como en las salinas del Mediodía de Francia un fieltro. Pero en vez de ser un accesorio de variable importancia, el fieltro de las salinas de Portugal parece ejercer una preponderante influencia en la fabricación, y los salineros lo preparan con el mayor cuidado.

La estación comienza en mayo. En esta época la salina está cubierta de agua, que se ha introducido en septiembre del año precedente, y da la primera recolección de sal. Pasados cuarenta días, por la influencia de la evaporación, por los vientos secos y calientes, el nivel del agua desciende bastante para aislar los cuadros y dejar aparecer las calzadas que los separan. A partir de este momento, el agua no puede llegar á éstas más que del depósito por intermedio de una pequeña pieza llamada calentador (*caldeire*). Pero el agua, ya muy concentrada, ha dejado depositar el yeso, y á veces un poco de sal. Separa entonces el salinero este yeso del cieno y las hierbas que tapizan el fondo, tomando grandes precauciones para no estropear el fieltro. Una vez hecha esta limpieza, se continúa la operación regularmente por la llegada de nueva agua del depósito. Veinte días después

comienza la formación de la sal, que al cabo del mismo tiempo es completa y la recolección está en sazón. Difiere completamente de la que se ve en los tableros salados y *ojetes* de las salinas francesas. En tanto que en éstas la sal cristalizada está recubierta de una pequeña capa de agua madre, en los *meios* portugueses apenas está mojada por una corta cantidad de agua madre, y todo el cuadro está cubierto por una masa de sal cristalizada en seco, cuya altura llega á 4 centímetros, que se separa únicamente por la noche, á causa del calor, con hurgones de madera, poniéndose la sal en montones.

Hecha esta primera recolección, queda en el cuadro una pequeña cantidad de agua madre que no se evacua. Se comienza por llenar con agua del calentador y después del depósito. Próximamente después de veinte días se puede proceder á una segunda recolección; pero esta segunda capa de sal tiene lo más 2 centímetros, está recubierta por la misma altura de agua y los cristales son muy pequeños. Se hace una tercera cristalización, y si las lluvias de otoño no son muy abundantes se puede recolectar 1 centímetro de sal; como esto ocurre á fin de septiembre se da por terminada la temporada, inundando en seguida la salina con agua del mar en una altura de 60 centímetros, y en este estado se abandona hasta la temporada próxima.

Las sales de la segunda y tercera recolección están cargadas de cloruro magnésico y apenas son utilizadas más que por los pescadores de bacalao en Terranova. Por el contrario, la de la primera recolección es muy pura y generalmente se vende también para salazones.

En el modo de conducir las operaciones en Setubal, extraña á primera vista que en tanto que las aguas madres se evacuan cuidadosamente al fin de cada operación en todas las salinas que hemos estudiado, esto no se hace nunca en Setubal, ni entre las recolecciones ni al fin de la temporada, y parece, por tanto, que la salina debe enriquecerse cada vez más en cloruros deliquescentes que acaben por hacer imposible la formación de la sal; pero no ocurre esto, y las salinas de Setubal son las únicas que permiten obtener la sal bajo la forma de un depósito grueso no recubierto de agua, sino como evaporada á sequedad y careciendo, no obstante, de sales magnésicas.

Aimé Girard, que visitó hace tiempo las salinas de Portugal, y á quien debemos la reseña de esta industria, ha dado de este curioso fenómeno una explicación que parece bastante buena.

Según él, el fieltro que tapiza el fondo de los cuadros obra como dializador. Llámase diálisis una especie de filtración que se efectúa por medio de una membrana delgada y tensa colocada en el fondo de un cilindro abierto. Si se toma, por ejemplo, melaza, tal como resulta de la fabricación del azúcar, y su solución se coloca en un cilindro así dispuesto, se podrá ver, colocando el aparato en un vaso lleno de agua pura, que este agua exterior al cilindro se carga poco á poco de azúcar, que necesariamente ha tenido que pasar á través de la membrana de pergamino para disolverse en el agua del vaso; pero la melaza no contiene sólo azúcar, sino que es un producto muy impuro, coloreado y rico en sales potásicas, y éstas no pasan á través de la membrana aunque están tan disueltas como el azúcar. A esta filtración particular, puesto que parece elegir ciertos cuerpos sometidos á su acción, se le da el nombre de diálisis, y el ejemplo que hemos citado es uno de los mejores métodos industriales para extraer el azúcar de las melazas.

Poniendo en el cilindro ó aro del dializador cloruro sódico y cloruro magnésico, y haciendo que el aparato descansa sobre arena mojada con la misma solución, se observa el hecho curioso de que la arena se enriquece en cloruro magnésico, en tanto que éste disminuye en el interior del dializador. El fieltro que tapiza el fondo de las salinas de Setubal tiene para las sales magnésicas una acción análoga á la membrana de pergamino, y así se explican las curiosas particularidades de las salinas portuguesas.

La segunda y tercera recolección de Setubal presenta mayor analogía con las condiciones ofrecidas por las salinas francesas. Lo mismo ocurre en Lisboa, en que el procedimiento seguido puede considerarse intermedio entre el del Mediodía de Francia y el de Setubal. Las salinas de la costa, en número próximamente de 300, se extienden á lo largo de la desembocadura del Tajo, entre Lisboa y Villafranca. Están compuestas primero de una extensa pieza que se llena en las altas mareas y puede alimentar las salinas durante quince días ó un mes; á continuación hay vasijas preparatorias de 22 centímetros de profundidad. Las que siguen son calentadores en número de tres á dos, y el último compartimiento es un calentador en el que se examina el estado del agua antes de admitirla en los tableros. Estos tienen la forma de rectángulos alargados, separados por malecones de 1 metro á 1,5 metros.

Una vez efectuada la última recolección á fines de septiembre, el salinero, sin evacuar las aguas madres, innunda los tableros con el agua que llenaba los calentadores y recubre el resto de la salina con agua del mar. Así pasa el invierno, y en mayo ó junio se procede á la limpieza, teniendo buen cuidado de no herir el fieltro que recubre el fondo de los tableros salantes; se introduce en los cristalizadores el agua ya concentrada, y á fin de junio comienza la temporada, que ya no se para. Cada dos ó tres días se da agua del último calentador, donde empíricamente se aprecia su concentración. La alimentación de los tableros dura un mes próximamente; transcurrido este tiempo, si las condiciones han sido satisfactorias la capa de sal tiene 10 centímetros y se separa sin estropear el fieltro.

Las aguas madres se dejan en los tableros y se continúa la alimentación, y ordinariamente se hace una segunda recolección, que se separa á los veinte días. Se puede todavía hacer una tercera, pero excepcionalmente representa $1/6$ de la recolección total y frecuentemente se malogra.

Las salinas de Aveiro están situadas en el borde de la bahía del mismo nombre en toda la costa y especialmente en Figueira. Se asemejan bastante á las del Oeste de Francia, tanto por su disposición como por una particularidad de la recolección, que se hace cada dos días.

El depósito inicial es muy grande, de 50 centímetros de profundidad y 10 hectáreas de superficie. Comunica con la primera pieza preparatoria por una compuerta. Esta primera pieza está seguida de otras tres, y la última de ellas conduce á los cristalizadores, en número de seis, dispuestos en dos grupos colocados uno detrás de otro. Resulta que la salina, excepto el depósito, está constituida por una serie de filas paralelas é independientes, que comprenden en línea recta las vasijas preparatorias seguidas de sus cristalizadores; permitiendo esta disposición la pendiente natural del terreno, cosa que no puede hacerse en el Oeste, donde las vasijas intermedias tienen una disposición mucho más complicada. Los tres primeros ojetes de cada una de estas dos series de una fila sirven principalmente para hacer depositar el sulfato cálcico que todavía existe en las aguas, y los otros para recibir la sal. Cada ojete mide próximamente 12 metros por 4,50 metros. El primer grupo, que sigue á los calentadores, está alimentado por una reguera donde se abren las compuertas. El segundo grupo, colocado detrás del primero, está separado de él

por una reguera parecida que comunica con el primero por un canal que bordea el primer grupo. Estas regueras no alimentan nada más que los tres cristalizadores anteriores de cada serie; los que siguen se abren directamente en éstos.

La salina permanece, como de costumbre, cubierta de agua durante el invierno, pero en primavera se aprovecha una baja marea para vaciarla completamente y limpiar el depósito. Una marea alta la llena nuevamente de agua, y ésta se hace llegar á la serie de piezas preparatorias, donde comienza la evaporación.

Los cristalizadores, cuyo fondo no está, como en otras localidades, protegido por un fieltro natural, tienen un fondo artificial, obtenido sin recurrir al procedimiento ingenioso del Oeste de Francia. Esta operación es ingeniosa y muy delicada: se comienza por aplanar el suelo, golpeándole con los pies ó con un rodillo de madera; dejan entonces llegar algunos centímetros de agua concentrada, que deposita una capa muy delgada de sal; se refuerza ésta por una nueva capa de agua, hasta que se considera que tiene el grueso suficiente. Se deja secar uno ó dos días, y después sobre esta capa se extiende otra delgada de barniz de arcilla y arena que impida que la sal que luego se deposite se una á la anterior. Para esto se recoge agua en una especie de pequeña reguera ó canal sobre el fondo del ojete, y en ella interpone el salinero una cantidad suficiente de arcilla azulada; después, rompiendo bruscamente el dique de este pequeño depósito, deja extender sobre el fondo la arcilla de una manera uniforme, que, después de la evaporación del agua, forma una capa delgada que se refuerza por otra de arena fina y blanca. Terminadas estas operaciones preliminares se deja llegar el agua á los cristalizadores, de los que únicamente los primeros contienen sal depositada. La evaporación marcha entonces regularmente, y cada dos días el salinero, armado de una raedera de madera de abeto, de 80 centímetros, muy ligera y armada de un largo mango, efectúa bajo un espesor grande de agua la recolección de la sal. Protegida sobre el ojete por el fondo artificial de que hemos hablado, esta sal es perfectamente blanca y muy buscada para las salazones, sobre todo en los Estados Unidos y el Brasil, sin contar Rusia, Suecia, Noruega é Inglaterra.

Probable es que en las salinas del Oeste de Francia se pudiera obtener sal tan blanca como la de Portugal y el Mediodía. Se ha observado, en efecto, que el fieltro natural de estas salinas

se desarrolla muy bien en el Oeste; pero como allí no tiene uso alguno, los salineros se preocupan ante todo de destruirle para dejar un fondo de arcilla y arena que mancha la sal. Quizás la confección de un suelo artificial como el de Aveiro, ó de fieltro vegetal natural, bastaría para impedir este inconveniente y permitiera obtener sal blanca. Pero para ello sería preciso destruir el prejuicio de que la sal gris sala más, y con ello es fácil que se obtuvieran los demás perfeccionamientos y el abandono de esta creencia, en gran vigor también para el azúcar bruto y refinado, en que al menos descansa sobre un error de apreciación del volumen empleado para endulzar.

España é Italia poseen un cierto número de salinas de costa; pero á pesar de la extensión del litoral que poseen estos dos países, producen menos sal que Portugal.

Las salinas de España abundan sobre todo en las Baleares y en la costa del Mediterráneo; las de Italia en Cagliari, Trapani y Civita-Vecchia. Su producción en 1890 se ha elevado á 370.000 toneladas.

En Austria, sólo en las provincias de Istria y Dalmacia, que son litorales, se producen próximamente 200.000 toneladas de sal. Las salinas están sobre todo en el golfo de Trieste, en Istria, y en Stagno, en Dalmacia. La disposición que se les da difiere bastante de las que ya hemos expuesto. Son grandes rectángulos de una centena de hectáreas. El agua del mar penetra en un depósito estrecho que rodea la salina, donde se clarifica; se la hace pasar luego á grandes estanques interiores, en número de seis, donde se efectúa la concentración; estos estanques están dispuestos en dos grupos simétricos, cada uno de los que desemboca en una reguera colocada en su parte externa. Cada reguera alimenta, por medio de una compuerta, estanques más pequeños, donde el agua deposita el yeso y carbonato cálcico que contiene, y que están provistos de una cisterna cubierta, colocada en uno de sus ángulos, que está destinada á recibir las aguas prontas á cristalizar en el caso de que sobreviniera una lluvia bastante abundante para comprometer la recolección. Los tableros están dispuestos de tal modo que forman dos series internas simétricas que se abren en un canal común, por el que se vierten las aguas madres cuando se quiere hacer la recolección. Las aguas madres, antes de llegar al mar, atraviesan una parte del canal periférico destinado á este fin y provisto de una compuerta de escape.

En toda la región arabo-caspiana se encuentran verdaderas

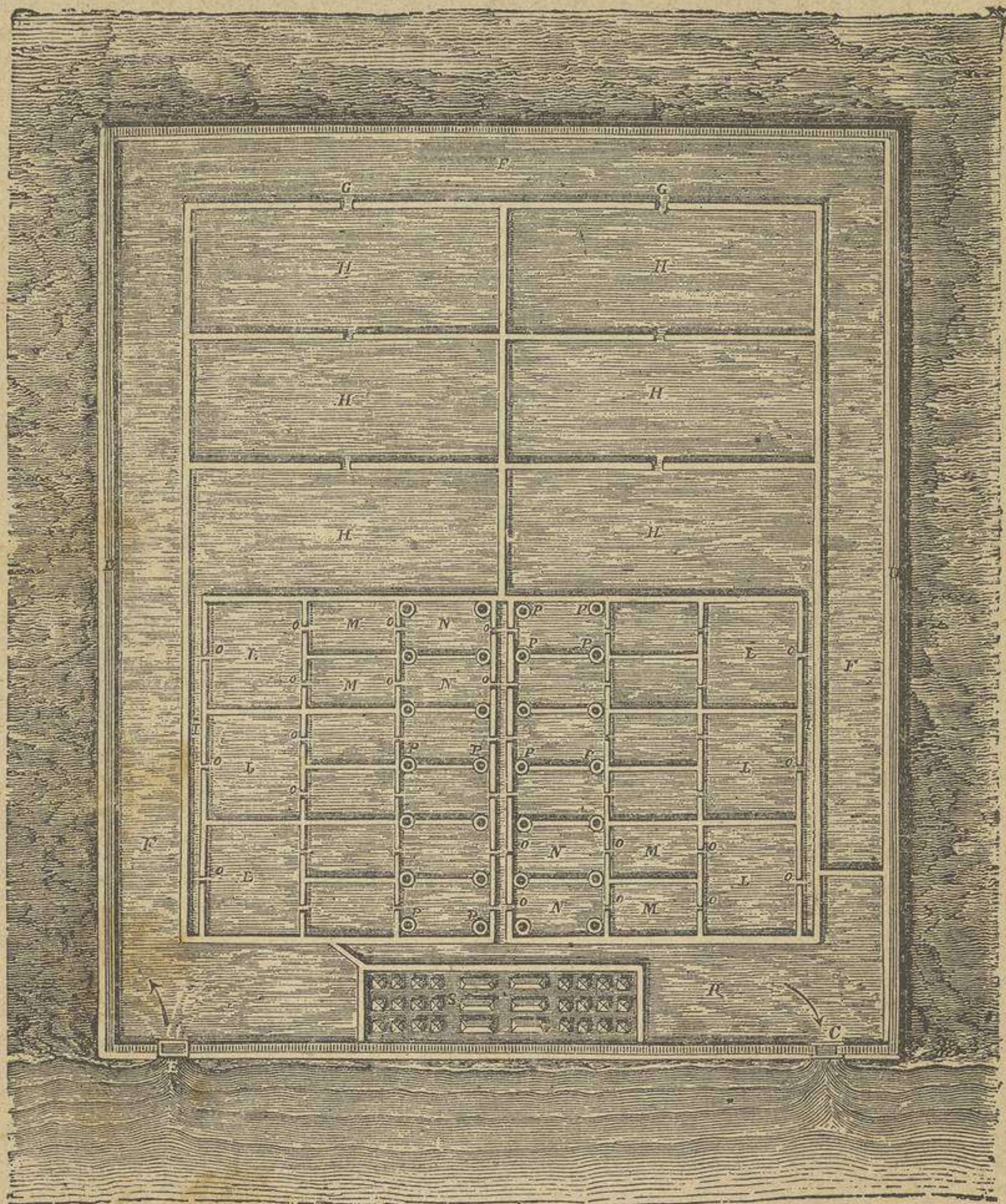


Fig. 7.—Plano de una salina de la Istria.

salinas naturales, algunas de las que se explotan activamente y debemos mencionar.

Varias veces hemos hablado de su formación actual, ya á propósito de Kara-Boghaz, ya de los antiguos depósitos de sal gemma.

Existen cuatro grupos saliníferos principales:

El primero es el de los lagos de Astrakán, en número de más de 2.000, siendo los más importantes los de Eltone y de Baskountchak; el primero tiene 23 kilómetros de largo y 10 de ancho, sin ningún desagüe, y su fondo está formado por una capa de sal que se explota desde hace más de cien años, extrayéndose sólo las capas inferiores, porque las otras, recientemente precipitadas, son amargas. Como consecuencia de las condiciones de explotación más ventajosas del segundo lago, el producto ha descendido á 3.000 toneladas, en tanto que antes llegaba á 165.000.

El lago Baskountchak es más pequeño, pues apenas tiene 18 kilómetros por 11. En invierno y en primavera está cubierto de agua, pero en verano está seco y la capa de sal, de considerable espesor, se hiende formando bloques. Son suficientes cuatro años para reformar una capa de 0 ,70 en los sitios en que se ha extraído la sal. Sólo se utiliza la capa inferior gris azulada, porque la capa superficial está mezclada con fango ó barro. La producción total del distrito llega á 130.000 toneladas.

En la costa Sudoeste del mar de Azof se encuentra un grupo de lagos de que se extrae la sal que por evaporación se deposita. Pero esta recolección es bastante eventual, porque algunos de estos lagos no han interrumpido por completo su comunicación con el mar y esta comunicación se abre periódicamente.

Crimea es una de las regiones en que la industria de las salinas de costa está mas desarrollada, pero al mismo tiempo tiene numerosos lagos salados. Precisamente la influencia caprichosa de las circunstancias atmosféricas ha hecho regularizar la explotación de estos lagos, cuya costra salina contiene generalmente sales amargas que la hacen impropia para el consumo.

En la desembocadura del Dnieper, del Bug y del Dniester, separados únicamente del mar por dunas de arena, generalmente muy estrechas, se encuentran también lagos salados que se explotan, y cuya producción anual es de 45.000 toneladas.

El trabajo de separación de la sal es penoso y peligroso en estas lagunas saladas, porque su fondo está formado por limo móvil que únicamente recubre la sal, formando una capa de al-

gunos centímetros, y los obreros están expuestos á ser tragados.

En las costas del Mediterráneo, en los departamentos de Hérault, Bocas del Ródano y del Var, los estanques salados de que precedentemente hemos explicado su formación sirven á veces para la extracción de la sal, preferentemente del agua del mar, cuya salazón es menos fuerte.

El agua de Lavalduc, por ejemplo, cerca de Marsella, contiene próximamente 100 gramos de sal por litro. La del estanque de Berre, igualmente explotada, es, por el contrario, mucho menos salada que el agua del mar y apenas tiene 10 gramos de sal por litro.

También puede extraerse la sal por refrigeración de las aguas del mar. Si se somete á una baja temperatura una solución de sal común, se observa que se divide en una solución más concentrada que permanece líquida y un bloque de hielo formado por agua dulce. Continuando así se llega á obtener por varias congelaciones de la solución salada un líquido muy concentrado que dará la sal por evaporación. Para obtener un producto más puro, antes de la evaporación se trata esta solución salada por cal que precipita las sales de magnesia. Las soluciones, cada vez más concentradas, necesitan para su congelación un frío cada vez más intenso, por lo que este método sólo puede practicarse en Siberia y en el Norte de la Rusia europea.

CAPÍTULO IV

Explotación por galerías de las minas.

WIELICZA. — BOCHNIA. — RUMANIA.

Debemos ahora examinar la segunda fuente de extracción de la sal, constituida por los diversos yacimientos de este mineral que contienen las diversas capas geológicas. Las condiciones de explotación están, como se comprenderá, subordinadas al estado del yacimiento, de tal modo que hay necesidad de recurrir á diversos medios para extraer la sal en las mejores condiciones económicas.

Se puede proceder por extracción directa cuando la mina, de dimensiones considerables, se explota á cielo abierto, lo que es muy raro, ó en capas fácilmente accesibles, y que forma casi completamente.

Otras veces, que la sal no hace nada más que impregnar la masa en que se presenta en condiciones tales que su explotación por galerías abiertas sería difícil y peligrosa, se procede de otro modo, enviando agua al terreno salado para que se sature y extraer luego la sal por evaporación. Este método varía según que se trate de terrenos únicamente impregnados ó de verdaderas capas de sal.

Estudiaremos primero la explotación por galerías de minas en los sitios en que la sal es bastante pura para darla al comercio tal como se extrae en forma de bloques. Este caso, muy raro, se presenta en Cardona y en Wielicza.

Los yacimientos de Cardona, en Cataluña, están situados como hemos visto en el nivel del eoceno inferior, y salen á la superficie del suelo en condiciones únicas en Europa. La sal en capas estratificadas forma dos masas, cada una de las que tiene más de 1 kilómetro. Algunas veces es rosada ó azulada, pero de ordinario es muy blanca y su explotación se hace á cielo abierto por graderías superpuestas, como se explota una cantera de pie-

dra, de manera que el yacimiento se transforma en una especie de gigantesca escalera.

Wielicza está situado en la margen derecha del Vístula, á dos leguas de Cracovia, en la parte de Polonia que actualmente es austriaca. La población, que tiene próximamente 4.000 habitantes, ocupa el fondo de un valle, y las salinas están directamente bajo el suelo de la ciudad.

La mina, descubierta en 1044, fué puesta en explotación regular en el siglo XIII, no habiendo cesado ésta desde entonces, y los trabajos alcanzan hoy 3 kilómetros de Este á Oeste por 800 metros de ancho y 300 de profundidad; hay próximamente 700 kilómetros de galerías, que comunican con el suelo por 11 pozos.

Las salinas de Wielicza han sufrido numerosas vicisitudes desde la época en que Casimiro el Grande, rey de Polonia, las hizo productivas reglamentando su explotación.

En la primera invasión de Polonia, en 1656, solicitó ésta el apoyo de Leopoldo de Austria, pero la indemnización que éste pidió en pago no se la pudieron pagar y retuvo como garantía las minas de Wielicza. Treinta años después, cuando los turcos pusieron cerco á Viena, Austria pidió á su vez socorro á sus vecinos, y Sobieski, rey de Polonia, obtuvo, como premio de su victoriosa intervención, la restitución de las célebres salinas, que no debía tener largo tiempo Polonia, pues en 1772 fué repartida entre sus dos poderosos vecinos, y Austria se quedó con Galicia y las minas de sal, en cuya posesión no la inquietó nadie hasta que Napoleón hizo que cediera, de 1809 á 1825, al gran duque de Varsovia la mitad de sus productos. Después del tratado de Viena, Austria ha tomado plena posesión de ellas.

Independientemente del beneficio considerable que su explotación produce, las salinas de Wielicza son una curiosidad natural de las más notables. Dos de los pozos por los que se hace la explotación están provistos de escaleras para que descendan los mineros; otra escalera, construída por Augusto III, que se utiliza para que bajen los visitantes, tiene 476 escalones de madera. En otros dos pozos que sirven para la extracción de la sal hay malacates movidos por caballos. Existen cinco niveles de galerías, y las cámaras de explotación, á las que hoy se dan dimensiones bastante menores, tenían antes hasta 50 metros de altura. En la explotación se emplean 700 ú 800 hombres y 400 caballos. Los obreros permanecen en la mina, cuya permanencia es muy sana, ocho horas por día; los caballos no se sacan hasta que no pueden

trabajar, y de ordinario mueren á la luz del día. Beudant, el célebre mineralogista que visitó la mina en 1821, ha dejado una curiosa descripción del modo como se descende á la mina cuando no se quiere seguir la larga espiral de la escalera:

«En muchas de las minas que he visitado, dice, he descendido frecuentemente sentado ó de pie sobre el borde de la cuba de los minerales, teniendo en una mano el cable y en la otra una lámpara. Este método podrá parecer espantoso á las personas que no están habituadas; en la de Wielicza no ocurre menos, y además es muy singular. Se unen á un nudo del cable un cierto número de cuerdas, según las personas que desean bajar; cada cuerda, doblada en dos como un columpio, lleva abajo un pequeño cincho que debe servir de asiento, y otra que forma un pequeño respaldo, de lo que resulta una especie de sillón aéreo, sobre el que se coloca. Para sentarse en él se tira una cuerda al borde del pozo, y cuando se está bien colocado se deja que la masa tome la vertical, con lo que se queda entonces suspendido en medio del pozo hasta que todo el mundo se ha colocado, de donde resulta un grupo de hombres que se asemeja á una araña, que es más raro, porque cada uno lleva en la mano una bujía. Si hay muchas personas para descender, se hacen varios paquetes, unos encima de otros; una vez colocados, marchan los caballos, y en pocos instantes se llega al fondo del pozo, donde se es recibido por los mineros».

En el primer piso se observa un gran número de capillas y altares tallados en la sal, con alguna imagen de santo, ante la que arde una lámpara. Una gran iglesia cabría perfectamente en varias habitaciones que sirven para los caballos, almacenes de forraje, toneles de sal, y algunas en que penetra el agua están tapizadas de grandes cristales de sal, algunos de los que llegan á pesar 500 gramos. Su gran refrangibilidad produce sorprendentes efectos luminosos cuando se aproximan las antorchas. A cada paso se encuentran groseras esculturas, en que la fantasía de los obreros ha corrido libremente, formando estatuas, avenidas y obeliscos. Las mismas galerías sirven frecuentemente para fiestas cuando algún soberano visita la mina, y estas solemnidades, que ordinariamente tienen gran brillo, son el orgullo de Wielicza. También tiene esta mina su lado dramático; en 1745, un gran número de los pilares que se dejan de trecho en trecho para sostener la bóveda se hundieron, y en su consecuencia se produjo un hundimiento considerable. Dos veces,

en 1644 y 1696, se prendió fuego en las andamiadas de madera, que son muy numerosas en la mina, y costó gran trabajo atajarle. En 1858 el agua invadió una parte de las galerías, y para continuar la explotación fué preciso amurallar la parte invadida por largos y penosos trabajos.

El capitán Bathurst, que en 1833 visitó las minas de sal, acompañado de su esposa y sus dos hijos, hizo de ellas una curiosa relación, de la que tomamos algunos pasajes:

«Wielicza es una pequeña ciudad situada en medio de un bonito valle, al pie de una de las cadenas de los montes Cárpatos. Antiguamente no era más que un montón de aldeítas, pero insensiblemente, gracias á la riqueza que esparce en el país la explotación de las minas, se ha convertido en una de las poblaciones más hermosas de la comarca.

»Cuando llegamos, un minero nos pidió permiso para guiarnos, cosa que aceptamos. Se puede descender á estas minas, nos dijo, por dos caminos: por una escalera de más de 400 escalones ó por medio de una cuerda..... Mi esposa hubiera preferido sin duda la escalera, para descansar de trecho en trecho, pero viendo mi gran sorpresa optó por el cable.

»Seguidamente se nos embozó con largas túnicas blancas para preservarnos de la humedad. Dos mozalbetes con lámparas en la mano descubrieron la abertura por donde debíamos descender y devolver á ellos un cable muy grueso, fijo por encima de nuestras cabezas á un cilindro sobre el que se desarrolla. Hice sentar á mi esposa y mis hijos en una de las cinchas dispuestas á lo largo del cable, y á la débil claridad de nuestras lamparitas nos dejamos sumergir en las profundidades del abismo. La cuerda se desarrollaba con gran rapidez, pareciéndome, á medida que descendíamos, que la velocidad se duplicaba tanto que la columna de aire que desalojábamos movía violentamente nuestros vestidos. En menos de dos minutos llegamos al fondo.....

»Atravesamos grandes salas y anchos corredores para llegar á una sala muy espaciosa, á cuya entrada está la estatua de Augusto II, rey de Polonia, de tamaño natural y hecha de un solo bloque de sal. Nos encontramos en la capilla, nos dijo el guía..... En el fondo había un altar de hermoso trabajo; en uno de los lados un púlpito magnífico, y numerosas columnas todo al rededor de la nave. A derecha é izquierda vimos dos estatuas de sal rosa. «Esta especie de sal es muy rara hoy», dijo el guía, sacando del bolsillo una caja que dió á mi hija, que encontró en

ella un collar y unos pendientes de sal rosa trabajados con bastante arte y delicadeza. Luego pasamos á la sala del lustre, cuyo espectáculo es majestuoso é imponente. Rodeándola hay un bosque de pilares negros; por todos lados se abren vastos y oscuros corredores y mil arcadas se suceden unas á otras. Del medio de la bóveda desciende una inmensa araña ó candelero de sal cristalizada, cuyas ramas se prolongan á lo lejos en todos sentidos..... A pesar de esto se percibía un ruido espantoso, debido á un río subterráneo, cuyas aguas caen con fuerza desde una altura prodigiosa y serpentean luego tranquilamente. El guía nos condujo, siguiendo la sinuosidad del torrente, á una escalera, desde donde pudimos apreciar este vasto recinto. A nuestro lado estaba una centena de obreros, que con la lámpara suspendida de la cintura cortaban bloques de sal; el río pasaba bajo nuestros pies, á la derecha estaba la cascada y sobre nosotros había una bóveda que nuestras lámparas no podían iluminar, y se elevaba, según manifestó el guía, á 432 pies del suelo.

»Luego recorrimos una infinidad de salas no menos importantes, corredores de todas dimensiones, calles ó avenidas de todos tamaños, cuyas bóvedas estaban la mayor parte sostenidas por pilares de madera sin labrar..... El guía nos enseñó bloques de sal de 5 á 6 quintales, tallados en forma cilíndrica para transportarlos más fácilmente..... Nos hizo distinguir las cuatro clases de sal que forman las rocas de Wielicza: la sal bruta ó sal grosera, la sal verde ó *ziclow*, la sal blanca llamada *szilikawa* y la sal cristalizada transparente denominada *oczkowata*. Nos presentó dos trozos de sal de los estratos superiores que estaban mezclados con tierra gredosa, conchas y petrificaciones, por lo que esta variedad no puede usarse sino después de lavada. La primera capa de sal pura está á 1.000 pies debajo de la superficie del suelo, y la cantidad que de ella se ha sacado es, según los archivos, más de 600 millones de quintales. Pasamos después por delante del Obelisco y nos encontramos delante de la sala del Bal.....

»Volvimos á las tinieblas, y los mozalbetes que nos precedían alumbraban con antorchas; después de algunos rodeos llegamos á la sala del Lago..... El agua era negruzca y tranquila, y en las lejanas orillas se percibían extranjeros..... Cubiertos con la blusa gris, alumbrados por las antorchas, se pudiera creer que eran sombras de muertos privados de sepultura que vagaban por los bordes del Styx..... Una voz lúgubre nos preguntó en brusco tono

si queríamos embarcarnos; dos barqueros dirigieron nuestro esquife sobre las pesadas aguas del lago infernal; al fin desembarcamos en la otra orilla, inciertos todavía de si el batelero nos exigiría ó no el óbolo de los muertos.

»El guía nos hizo descender á los pisos inferiores. Después de haber visitado las máquinas y bombas, nos condujo á una bóveda de donde pendían estalactitas brillantes, cristales regulares é incrustados de glóbulos de sal semejantes á diamantes. «El sitio en que nos encontramos, dijo en tono reposado el buen conductor, corresponde al centro del lago que acabamos de atravesar»..... En el mismo instante del fondo de una sala próxima salió una explosión, porque acababan de separar con un barreno un bloque de sal. Creímos que era la realización de nuestros temores.

»Me imaginé un instante que las bóvedas, debilitadas por el peso del lago, se precipitaban unas sobre otras..... Era tiempo de abandonar aquel sombrío paraje, que si se quería visitar por completo se necesitaban más de seis meses, como dijo el guía.....».

La sucesión de capas en Wielicza es, como hemos visto, la siguiente: Sobre los gres de los Cárpatos, que forma el muro de la formación salinífera, descansan primero margas de color gris oscuro, con yeso fibroso y bancos de gres; siguen margas con anhídrita, que contienen en la superficie inferior sal pura llamada *szybickasalz*. Sobre éstas hay arcillas saliníferas arenosas con conchas y betunes, que contienen el *Spizasalz*. Debajo está el suelo verde (*Grunsalz*), con arcillas saliníferas, y luego otras arcillas, primero pardas ó rojizas y después gris oscuras y bituminosas. Toda esta formación salinífera está coronada por terrenos de aluvión formados por arena amarilla y arcilla mezcladas, que los alemanes llaman *Haselgebirge*, y presenta el aspecto de una masa margosa de color pardo muy oscuro, muy cargado de sal, surcada por venas irregulares de anhídrita y por capas de margas entreveradas ó de arcillas oscuras y brillantes. Así da idea de un barro negro tornado en masa, fuertemente impregnada de sal y aprisionando fragmentos de sal más ó menos pura ó mezclada con arcilla.

«Esta masa de *Haselgebirge* está toda ella fuertemente impregnada de sal; pero, sin embargo, se pueden distinguir en ella muchas partes más ricas, en que la sal se ha concentrado de modo que forma una roca de sal gemma casi pura. Estos trozos de sal gemma no forman, hablando con propiedad, capas regulares, sino que son simplemente depósitos condensados en medio

de los bancos saliníferos y cuyo conjunto llega á formar especies

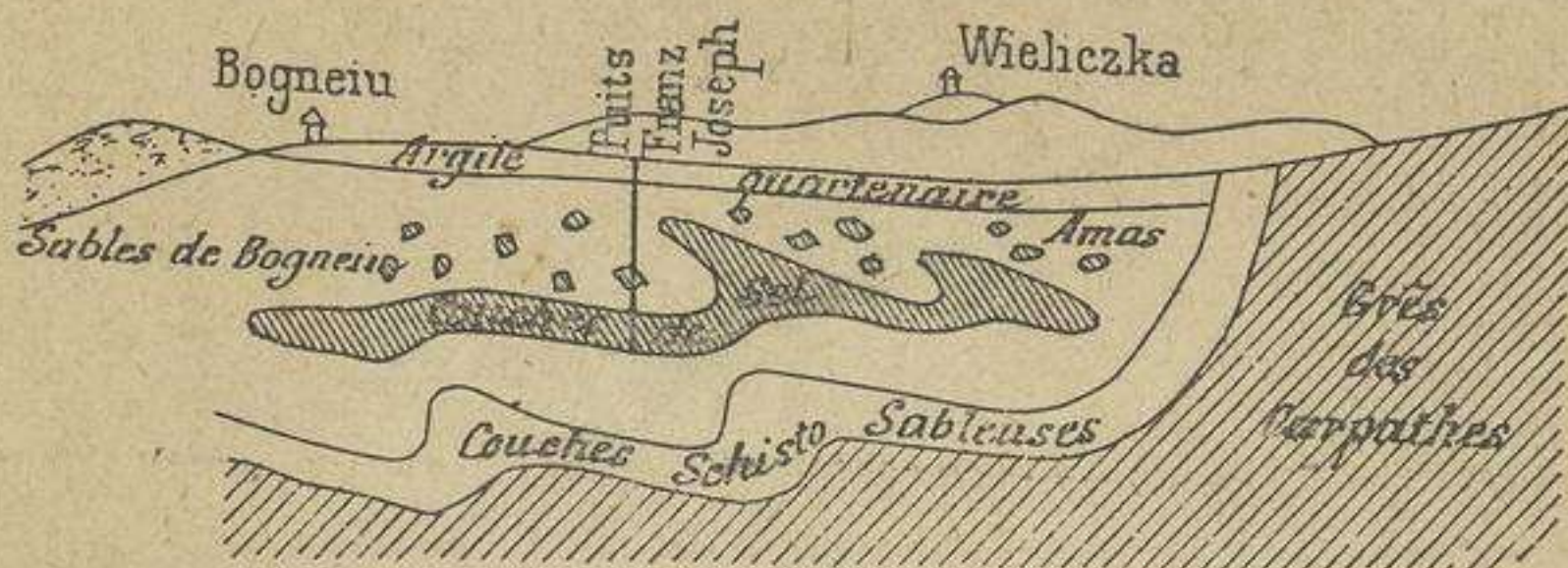


Fig. 8.—Corte de conjunto del yacimiento de Wieliczka.

EXPLICACIÓN: Puits Franz Joseph, pozos Francisco José.—Argile quaternaire, arcilla cuaternaria.—Amas, aglomerados.—Sables de Bogneiu, arenas de Bogneiu.—Couches de sel, capas de sal.—Couches schisto-sableuses, capas esquitto-arenosas.—Gres des Carpathes, gres de los Cárpatos.

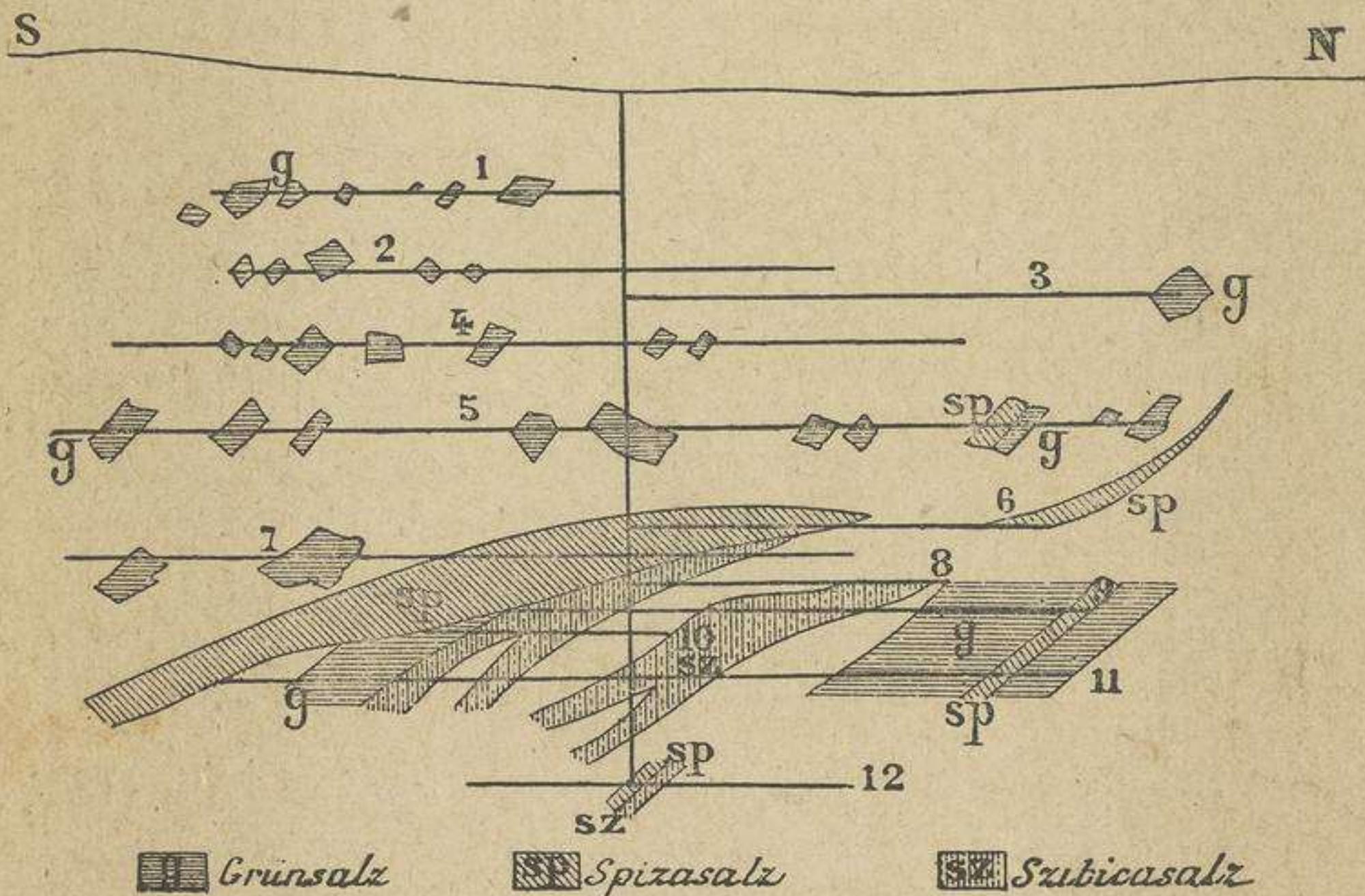


Fig. 9.—Corte vertical teórico del yacimiento de Wieliczka para los pozos José.

de capas continuas. Estas masas salinas aisladas en medio de la formación salinífera es lo que se explotaba en Wieliczka.

Estas masas de sal gemma forman tres variedades distintas, que difieren entre sí por su naturaleza mineralógica y su grado

de pureza, así como también por las condiciones de su yacimiento. El *Grunsalz* forma la variedad menos pura; se presenta bajo la forma de una masa oscura, de granos grandes, que tienen apriadas numerosas grietas de arcilla. Esta variedad se encuentra en la parte superior de la *Haselgebirge*, en la proximidad de las arenas diluvianas que recubren la formación. Forma inmensas lenticulas elipsoidales, diseminadas irregularmente en medio de una masa salinífera. Cada una de estas lenticulas tiene muchos miles de metros cúbicos, y su explotación ha dado lugar á inmensas cavidades, cuyas dimensiones hieren la imaginación de los visitantes. «Debajo de estas lenticulas de *Grunsalz* se encuentran masas de *Spizasalz*, y después de *Schibikersalz*, no diseminadas irregularmente, sino formando por su continuidad capas casi regulares dirigidas de Noroeste á Sudeste, que se sumergen al Sudoeste, y cuya potencia varía de 1 á 3 y hasta 4 metros. El *Spizasalz*, llamado algunas veces también *Anhydritevsalz*, es también un poco impuro; contiene venas de margas y anhidrita que surcan la capa y pequeños granos de cuarzo interpuestos. El *Schibikersalz*, que está debajo, es por el contrario casi químicamente puro, translúcido y de color blanco perfecto. El intervalo que separa estas dos formaciones es de 3 á 4 metros, y está ocupado por capas delgadas, regulares y alternadas de *Haselgebirge*, sal más ó menos pura y anhidrita. El espesor de estas venas varía de 0,10 á 0,30; las galerías que las atraviesan, y en las que forman bandas regulares, permiten fácilmente estudiar su sucesión. Ultimamente, debajo del *Schibikersalz* se encuentra el *Haselgebirge*, primero muy cargado de sal, que está surcado por venas de sal gemma, pero que se empobrece de una manera continua hasta que al fin desaparece. En esta parte, en el muro de la capa de *Haselgebirge* y las venas de sal están cargadas de materias bituminosas; su fractura reciente exhala olor empireumático y en su masa se encuentran fragmentos de lignito.

»El yacimiento salino de Wielicza está actualmente atravesado por siete pisos de galerías. Estas son espaciosas, de sección cuadrada de 2 metros de lado, practicadas en la masa arcillosa sin necesidad de ningún maderaje. Esta red de galerías encuentra de una parte las lenticulas de *Grunsalz* y de otra las capas inferiores de sal.

»Para las lenticulas de *Grunsalz*, el derribo se hace practicando inmensas cámaras en las mismas lenticulas; cosa que se opera de la siguiente manera: Sea una lenticula encontrada por dos ga-

lerías de piso diferente; se comienza por separar la capa ó capacete superior, atravesándola completamente y en toda su altura por muescas de talla hasta que alcanzan los bordes de la lente. Se obtiene así una especie de cámara circular; un espesor de sal de próximamente un metro, que se deja en el techo, basta para

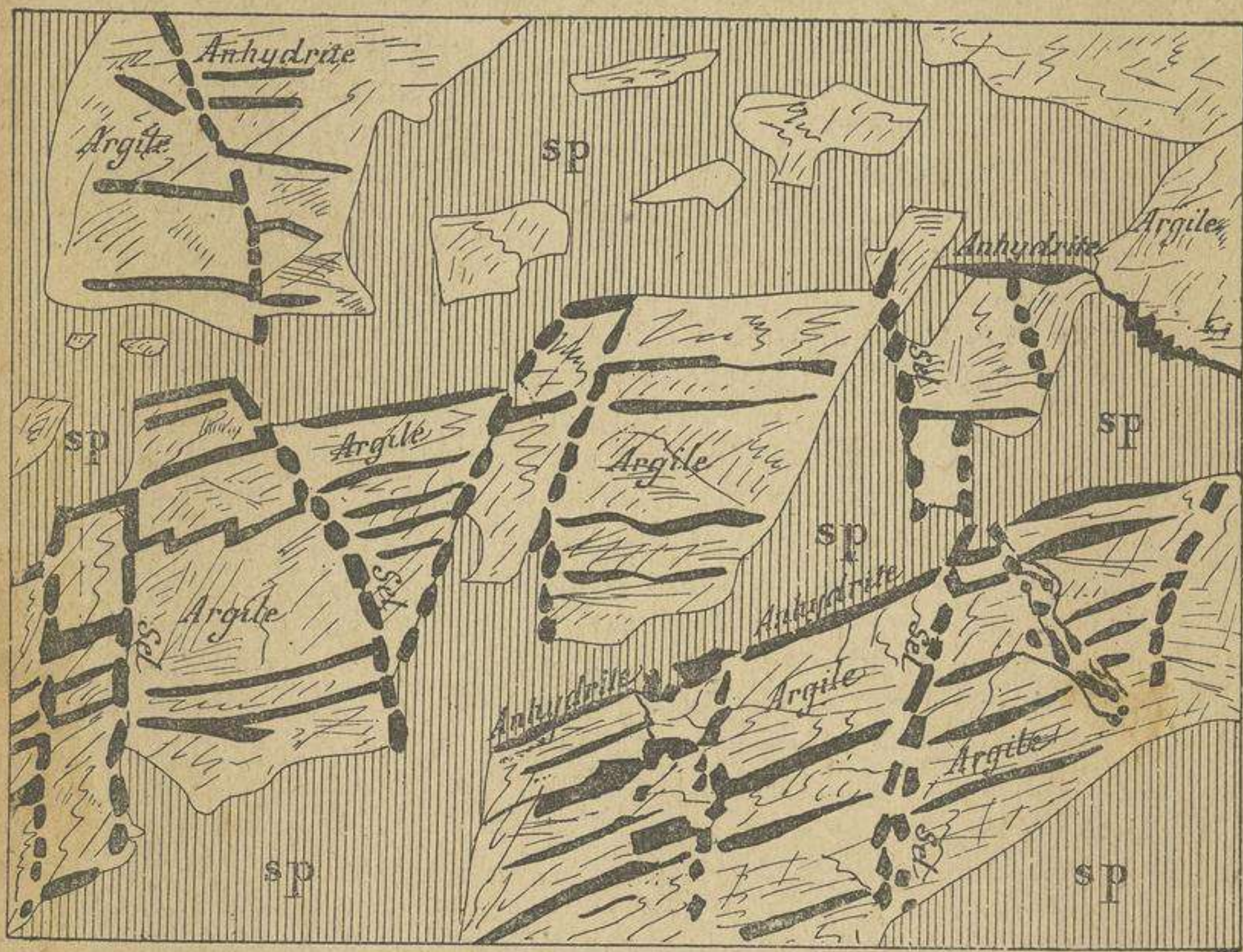


Fig. 10.—Elevación de un muro al 4.º horizonte de Wielicza.

EXPLICACIÓN: *Anhydrite*, anhidrita.—*Argile*, arcilla.—*Sel*, sal.

asegurar la solidez. En este capacete superior, una vez separado, se hiende de arriba abajo un pozo vertical, al rededor del que se tallan gradas, de modo que se separa sucesivamente una serie de coronas, para cada una de las cuales se procede como para la capa superior. El derribo se hace tallando en la roca grandes prismas verticales de 2 metros de ancho por 0,50 de profundidad. Los almacenes están dispuestos en escalones, de tal modo

que para cortar cada uno de estos prismas basta hacer una sub-curva y una muesca lateral, después de lo que se puede separarle con cuñas y palancas y arrastrarle al vacío. La sal derribada cae por el pozo central en la galería inferior, que sirve para el acarreo. El empleo de la pólvora está proscrito por producir demasiado menudo; la sal debe ser vendida, ya sea en bloques paralelepípedos de 0,20 á 0,30 de lado, ó sea en forma de elipsoides truncados de 0,80 de altura por 0,20 ó 0,30 de diámetro, que es como se manda á Rusia, y ofrece ciertas ventajas por la facilidad del transporte en vagones, pero tiene el inconveniente de dar bastante más menudos que la primera. Los menudos y los polvos son guardados en sacos, pero no se cuentan á los obreros, que se pagan á destajo según el número de bloques producidos.

» Este es el modo de derribar estas grandes lenticulas de *Grunsalz*; las capas de *Schibikersalz* y de *Spizasalz* se explotan por anchos frentes de talla que se suceden avanzando en la capa siguiendo su dirección. De trecho en trecho hay planos inclinados dispuestos siguiendo las líneas de mayor pendiente de la capa, que reúnen sobre sí los diferentes pisos; las gradas de derribo se extienden en dirección transversal de estos planos. Las capas no tienen generalmente más que 1 ó 2 metros de potencia, y entonces se derriban de una sola vez; si la potencia excede de 2 metros, se hace en dos veces.

» Se dispensa de acarrear tierra para terraplenar y no hay necesidad de maderaje. Las vastas cámaras pueden ser en general abandonadas á sí mismas sin peligro; únicamente para sostener los pozos más débiles se elevan hasta el vértice de la bóveda verdaderas armaduras de grandes dimensiones, ó inmensas leñeras, formadas por rollizos de varios metros de largo y mucha escuadra, hacinados hasta más de 80 metros de alto. En los puntos débiles el techo está sostenido por maderajes, formados por rollizos amontonados en toda la altura de la parte de frente de la talla; así dispuestos, tienen la ventaja de repartir bien las presiones, las maderas se impregnan de sal y se conservan indefinidamente.

» La cuestión del agotamiento del agua ha tomado en los últimos años una importancia capital. Ya hemos dicho cómo buscando sales alcalinas en la pared de la formación salina se ha llegado hace algunos años á tropezar con los aluviones acuíferos, por los que el agua dulce había invadido los trabajos. Los

diques con que se quería detener la inundación fueron prontamente visitados por las aguas, que disolvían y diluían la arcilla salinífera, por lo que hubo que abandonar los dos pisos inferiores de la misma. Una máquina de agotamiento de 250 caballos, instalada en uno de los pozos, permitió en 1869 desaguar todo el sexto piso, y se espera reconquistar prontamente el séptimo.

»El agua sacada por la máquina de agotamiento está casi saturada de sal, pero por falta de aparatos se vertía en el riachuelo próximo, perdiendo la riqueza que representa. Se comprende desde luego que en presencia de las masas de sal gemma que se encuentran en Wielicza, y que bastarán todavía mucho tiempo á las necesidades del consumo, no se han preocupado de utilizar las arcillas saliníferas, en medio de las que se encuentra la sal, y de instalar un taller de evaporación para aprovechar la de las aguas de agotamiento. Merced al monopolio de la venta de la sal, que el Estado se reserva, el impuesto que pesa sobre el consumo de la sal en Austria es tan elevado que el precio de obtención y las economías á realizar en su cifra desaparecen ante la elevación del precio de venta. El precio de coste de una tonelada es en Wielicza de 9,15 francos y su precio de venta 183.»

La descripción que acabamos de hacer de la explotación de Wielicza es debida á Heurteau, ingeniero de minas, que ha dejado también otras numerosas noticias sobre las salinas de la cuenca carpática, y en particular de las de Bochnia.

Estas fueron descubiertas en 1251, y regularmente explotadas á partir de 1442. Son de menor importancia que las precedentes, y el producto total anual de las dos salinas llega próximamente á 100 millones de kilos. En ellas trabajan unos 250 obreros.

«Siguiendo hacia el Este el depósito terciario en medio del que emergen las formaciones salinas de Wielicza, se encuentra á 32 kilómetros próximamente la gran explotación salina de Bochnia. Ningún sondaje se ha hecho entre las dos villas, y por tanto no se tiene ningún dato acerca de la posible continuidad de estas dos formaciones. El yacimiento salino de Bochnia está compuesto igualmente de una masa arcilloso-margosa, más ó menos bituminosa, fuertemente impregnada de sal y surcada por vetas de anhidrita; en medio de esta masa está concentrada la sal, formando capas muy inclinadas, irregulares y discontinuas. Esta formación de *Haselgebirge* está muy inclinada sobre el horizonte y se sumerge al Sur, siendo su dirección general de No-

roeste á Sudeste. Su espesor es muy variable, de 40 á 60 metros de potencia, pero se debilita en los bordes y no tiene más de 6 á 10 metros en las extremidades de la explotación; en los horizontes inferiores la potencia aumenta bastante cuando se dirige hacia el Oeste, y alcanza hasta 200 y 300 metros.

»El corte de la mina, muy sumario y muy incompleto, dado por Buch en 1869, es no obstante el único que poseen los ingenieros de la mina. La formación de *Haselgebirge* está representada por una columna vertical, surcada por venas muy irregulares, casi verticales ó con dirección al Sur. Estas venas pueden considerarse como formando una serie de capas paralelas muy irregular y frecuentemente interrumpida, distinguiéndose tres principales. La sal de estas capas es blanca ó agrisada, algunas veces muy pura y transparente, y no contiene nunca impurezas aparentes; por disolución da 97 por 100 de sal y 2 por 100 de residuo insoluble, formado por yeso y arcilla. Se le puede considerar análogo al *Schibikersalz* de Wielicza. En cuanto al *Grünsalz* y el *Spizasalz*, no están representados en Bochnia, sea que no hayan existido nunca estas formaciones superiores, sea que hayan sido separadas por efecto de erupciones posteriores.

»Las galerías transversales, desprovistas de ensambladuras que surquen la mina, permiten estudiar en sus paredes la sucesión de las capas inclinadas que atraviesan. Partiendo de las arcillas esquistosas negras y bituminosas que están en la pared de la formación, se encuentra primero una capa bastante poderosa de arcilla salinífera, en cuyo seno hay bloques irregulares de sal; después se atraviesa una sucesión de capas de sal, alternadas con estratos de arcilla brillante y de arena, lechos de arcillas saladas, y últimamente venas de anhidrita concrecionada, abundantes sobre todo en las cercanías de la pared. Cerca del lecho las arcillas salinas están cargadas de sales magnésicas, que se eflorescen en las paredes de las galerías al contacto con el aire. El número de capas de sal es considerable, pero importantes sólo hay tres, susceptibles en todo su desarrollo de ser explotadas con fruto, pues tienen más de 2 pies de espesor. La potencia media de estas capas es de 1,50 á 2 metros; se las ha seguido en su dirección sobre un desarrollo de 2 metros, y en inclinación hasta 600 de profundidad.

»Se han intentado investigaciones infructuosas en la pared y el lecho del yacimiento con la esperanza de encontrar la representación del *Grünsalz* y del *Spizasalz* ó sales alcalinas. En el

lecho se ha practicado una galería que alcanza hasta 120 metros, sin encontrar otra cosa que margas, arcilla, caliza y yeso. En la pared, después de haber atravesado capas muy bituminosas y que contenían algunos trozos de lignito, se ha detenido por un desprendimiento de gases hidrocarburos explosibles.

»Poco hay que decir del método de explotación usado en Bochnia; es muy primitivo y de malas condiciones económicas..... El precio de coste se eleva á 16,50 francos tonelada, para una producción anual de 16 á 17.000 toneladas.»

En Transilvania se encuentran, en la linde de los Cárpatos, otros yacimientos de sal no utilizados todavía, aunque muy extensos, situados en Szovata y Parayd, que afloran á la superficie del suelo.

La sal del yacimiento de Stassfurtt, que describimos extensamente al ocuparnos de la industria de las aguas madres, se explota igualmente por procedimientos semejantes.

La mayor parte de las sales gemmas contienen impurezas, principalmente sulfato cálcico en estado de yeso y anhidrita. Cortas proporciones de este cuerpo, al que generalmente se une la arcilla, hacen la sal impropia para el consumo, y los fabricantes de productos químicos tampoco pueden emplearla fácilmente en cuanto la cantidad de sulfato es un poco considerable, porque su ataque por el ácido sulfúrico se hace difícil y se adhiere á las cubetas de descomposición, lo que expone la masa á sobresaltos súbitos y perjudica la calidad del sulfato sódico obtenido.

Otros yacimientos de sal gemma, muy análogos á los de Wielicza, y de los que hemos hablado en la primera parte, se explotan en Maros-Ujvav y Marmaros, y forman un inmenso grupo salinífero dirigido de NNE. á SSO. de Klausenbourg en Budapest. Hemos hecho notar la forma singular del yacimiento de Maros-Ujvav, que aflora debajo de una débil capa de aluviones, como un cono regular cuya punta se hubiera separado por erosión ulterior. La explotación en esta masa compacta de sal casi pura se hace por cámaras, como en Wielicza, pero no se hace la cámara elíptica, sino rectangular, que utiliza mejor el espacio. Se comienza por vaciar una galería de 2 metros de altura por 11 á 15 de ancho, y se prolonga en una distancia horizontal de 100 á 200 metros. A derecha é izquierda se practican galerías transversales cada 50 metros. Se profundiza alargando la galería principal y tallándola oblicuamente; cuando se alcanza una anchura de 45 metros próximamente se conduce la explotación vertical-

mente, dejando pilares cuadrados de 6 á 8 metros de lado y que separan dos cámaras adyacentes. Como en Wielicza sólo se pa-

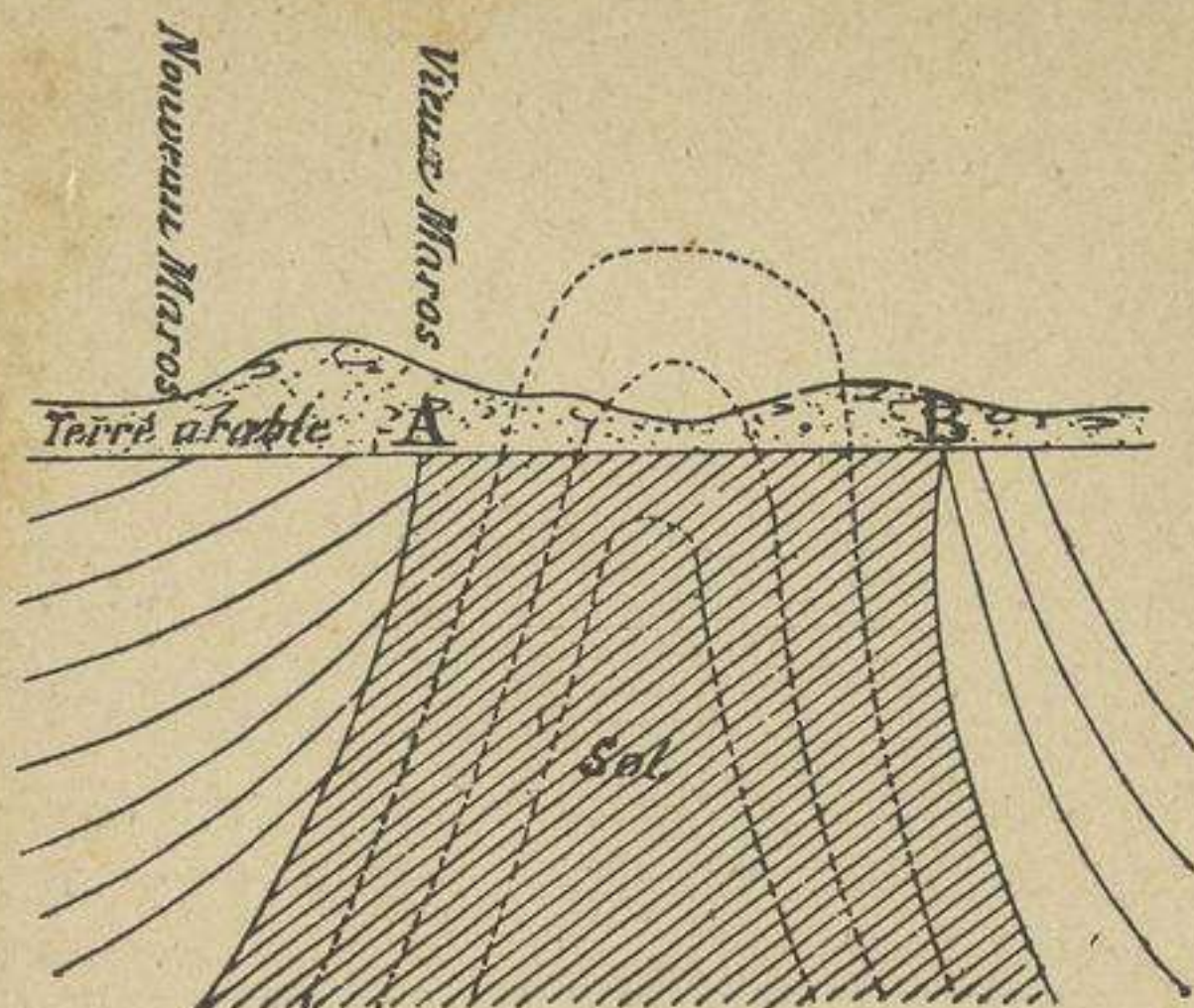


Fig. 11.—Corte vertical teórico del yacimiento de sal de Maros-Ujvar.

EXPLICACIÓN: *Vieux Maros*, viejo Maros.—*Nouveaux Maros*, nuevo Maros.
Terre arable, tierra laborable.—*Sel*, sal.

gan los grandes bloques, que se separan por medio de cuñas y pesan de 30 á 50 kilos. Los primeros se pagan á 4 céntimos por pieza al minero y los segundos á 11.

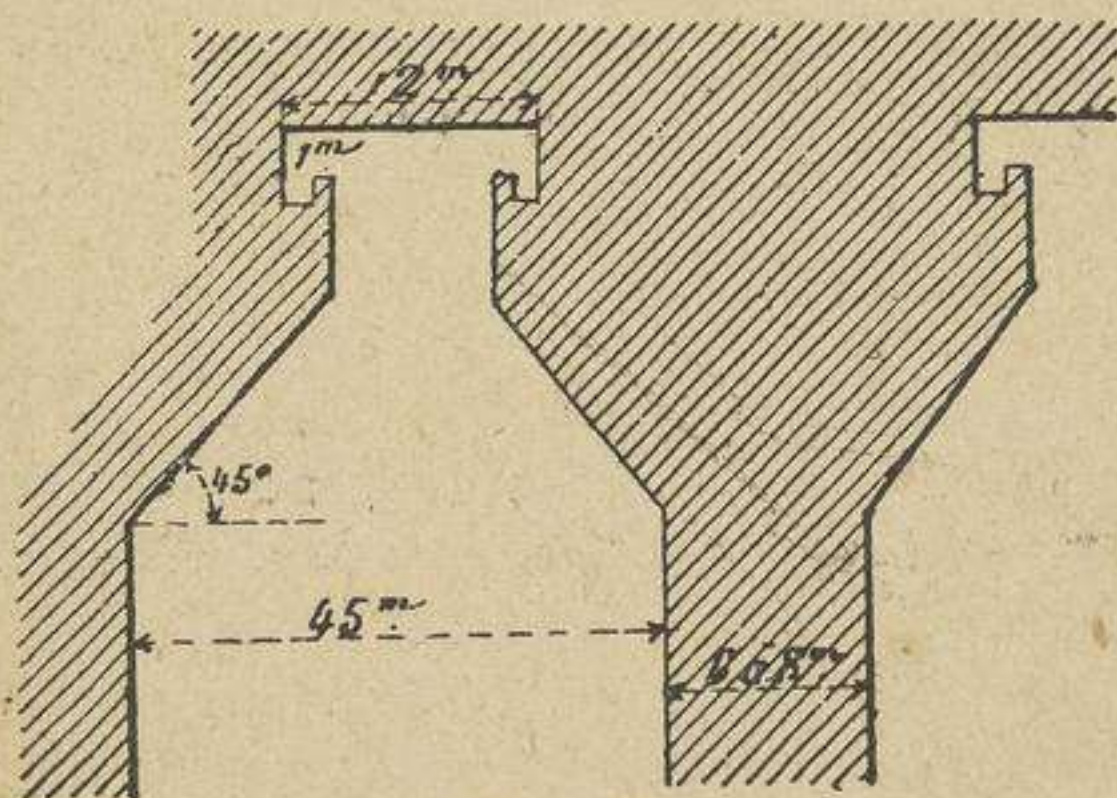


Fig. 12.

Corte vertical de una cámara de explotación de sal en Maros-Ujvar.

Por cantidades menores de 30 kilos el minero no percibe nada. El grupo de las salinas de Marmaros, conocido ya en la época

romana, está marcado por una línea continua de manantiales salados que indican la continuidad del banco de sal gemma, que presenta tres principales afloramientos en la masa de arcilla que le contiene. En Szlatima se han abierto ya dos inmensas cámaras: la primera, cámara François, fué comenzada en 1808; la segunda mide 380 metros de largo, 65 de ancho y 60 de alto. En la mina trabajan 200 obreros, y se han extraído ya 500.000 toneladas de sal.

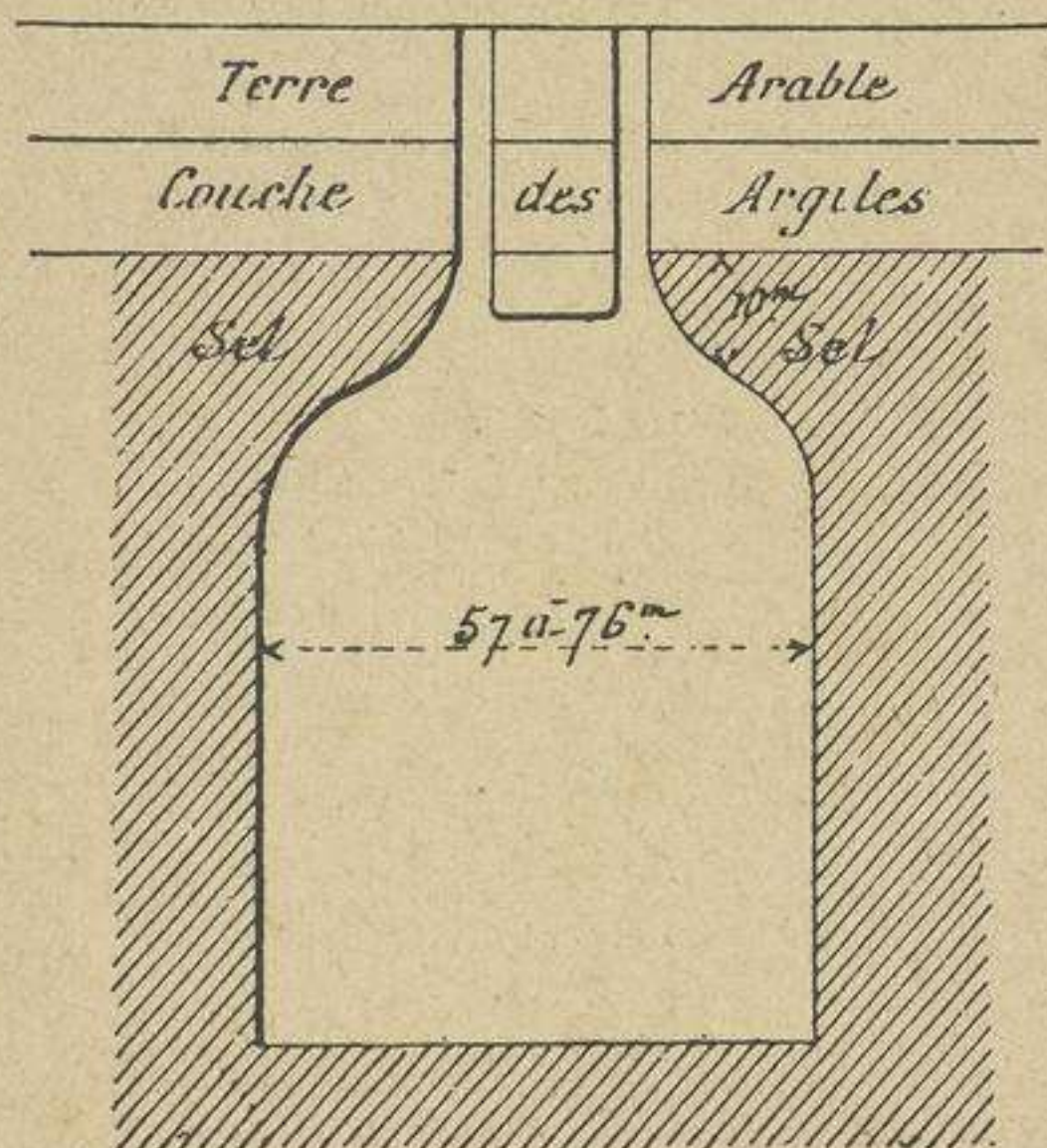


Fig. 13.—Corte vertical de una antigua cámara de explotación de sal en Galicia.

EXPLICACIÓN: *Terre arable*, tierra laborable.—*Couche des argiles*, capa de arcillas.—*Sel*, sal.

Con los pozos Ronaszek y de Szukalak, el yacimiento de Marmaros explota además 150.000 metros cúbicos de agua salada, que reunidos á las aguas de desagüe producen todavía 8.000 toneladas de sal. El precio de coste es de 12 á 15 francos tonelada, y el beneficio en 1879 por 150.000 toneladas ha sido de 35 millones. Debemos hacer constar que en Maros-Ujvav las cámaras de derribo están alumbradas eléctricamente, y que en las cercanías, en Bokso, hay una fábrica de sosa.

En Rumania, los yacimientos de que hemos determinado el sitio geológico son explotados activamente. Desde 1884 se emplean en muchos de ellos lavadores mecánicos. La explotación

se hace por grandes galerías, con galerías transversales y pilares abandonados. En 1884 la producción fué de 70.000 toneladas, de la que $\frac{3}{4}$ fué consumida en la localidad y el resto se exportó sobre todo á Bulgaria.

El precio de coste es de 10 á 12 francos tonelada, que el transporte aumenta á 19. Localmente el precio de venta es de 90 á 105 francos, según que se tome la sal en la salina ó en el depósito. Para la exportación, el precio de venta es de 62 á 70 francos. Esta industria produce próximamente 4.000.000 de beneficio anual.

Igualmente se encuentran minas de sal explotables por galerías en el condado de Orembourg, en Rusia y en Siberia. En Prusia era tan abundante que los habitantes la empleaban para construir sus casas faltos de otros materiales. Plinio observó un hecho semejante en la Capadocia.

En Africa existen un gran número de yacimientos semejantes de sal, y muchos son explotados activamente. Ya hemos citado el que está cerca de Orán, y que une á la población un ferrocarril. También se encuentran en Haute-Saône, el Tarn y los Bajos Pirineos, poco importantes, es cierto, y uno de los más notables por su pureza es el de Bex, de Suiza, en que se extrae por simples galerías de minas y bastante pura para remitirse inmediatamente al consumo.

Otras minas saliníferas pertenecientes á este grupo no pueden colocarse aquí, porque el método de explotación es muy diferente, pues á causa de la naturaleza del terreno se hace por disolución.

Esto no obstante, debemos estudiarlas, no sin consignar antes lo que Plinio, el gran historiador de la industria química de la antigüedad, llama minas de sal naturales.

«Hay, dice Plinio, tres especies diferentes de sal. En la Bactriana hay dos grandes lagos, uno del lado de la Scythia y el otro del lado de Asia, que están llenos de sal. Cerca de Cituins, en la isla de Chipre, y en las cercanías de Memphis, se saca la sal de un lago, que se deja secar al sol. A veces la superficie de los ríos se condensa en sal, en tanto que el resto del agua corre bajo esta costra como bajo el hielo; tal ocurre con las aguas llamadas ríos de sal, cerca de los puertos caspianos. Lo mismo se observa en los moros y armenios. Además, en la Bactriana, los ríos Ochus y Oxus acarrean bastante sal de las montañas situadas en sus bordes. En Africa hay lagos turbios que dan sal, y

también manantiales calientes que la dan, como en Pagases. Estas son las especies de sal que provienen espontáneamente de las aguas.

»Ciertas montañas producen también sal nativa, como en las Indias, el Oromeno, donde la sal se talla como las piedras de una cantera en que se reproduce, y es para los soberanos una fuente de beneficios más considerable que el oro y las perlas. También se extrae de la tierra, donde se forma evidentemente por la condensación del líquido; ejemplo: la Capadocia, donde se corta por láminas como la piedra especular; los bloques son muy pesados, y se les llama comúnmente mica. En Gerrhes, ciudad de Arabia, las murallas y las casas están construídas con bloques de sal que se cimentan mojándolos. El rey Ptolomeo encontró también la sal cerca de Pelusa, en un campamento que hizo.

»Según este ejemplo, se ha buscado y encontrado entre Egipto y la Arabia, en los sitios áridos, debajo de la arena. También se encuentra en los desiertos de Africa, hasta el oráculo de Ammón, donde la sal crece durante la noche á la luz de la luna. En España citerior, en Egelasta, se extrae una sal en bloques casi transparentes, á la que desde largo tiempo dan los médicos la preferencia sobre todas las demás. Todo lugar en que se encuentra sal es estéril y no produce nada. Esto es todo lo que hay de sales nativas.»

Plinio describe al mismo tiempo la sal amoníaco, que se encuentra en Cirinaica, y que para él apenas se distingue de la sal común sino por el gusto desagradable y que no proviene de los mismos sitios. Esta ignorancia es muy disculpable y ha durado bastante tiempo después.

CAPÍTULO V

Explotación por cámaras de disolución.

SALZKAMMERGUT.

Los métodos que nos quedan por describir presentan bastantes puntos de contacto. Se trata siempre de sal dispuesta en masas subterráneas más ó menos considerables; pero atendiendo á su impureza ó á la disposición particular de las curvas que las contienen, no se puede explotar directamente por bloques sólidos extraídos de las galerías, y la sal explotada lo es siempre en estado de disolución, se haya practicado artificialmente ó provenga de la acción de las aguas de infiltración que brotan bajo forma de manantiales y de fuentes, ó formando capas subterráneas. En fin, siempre se extrae la sal de sus disoluciones por la acción del calor, y esta última parte de la operación se efectúa siempre en aparatos idénticos que no necesitan más que una descripción. Pero los procedimientos por los que se obtiene la primera materia, esto es, el agua salada que se ha de evaporar, son bastante diversos.

Trátase en unos casos de masas de arcillas impregnadas de sal, y se practica en grandes cavidades á que se hace llegar el agua que disuelve la sal.

Otras veces se utiliza pura y simplemente el agua de manantiales salados que salen á la superficie del suelo. Ultimamente puede recurrirse á un tercer método: un pozo de sonda vertical llega hasta la capa de sal y permite su ataque por el agua que la disuelve de una parte y de otra la extracción de este agua saturada. Según los sitios y las disposiciones naturales del terreno, se emplean solos ó combinados entre sí estos tres métodos, que sucesivamente vamos á estudiar.

EXPLOTACIÓN DE LAS ARCILLAS SALINÍFERAS.

Como hemos visto, la arcilla es el compañero constante de la sal y la rodea en todos sentidos. En ciertos casos esta arcilla constituye formaciones muy importantes é independientes que no rodean capas definidas de sal gemma, pero contienen cloruro sódico íntimamente mezclado á la masa, en que únicamente se encuentran masas un poco más voluminosas, *riñones* ó *nódulos* de cierta importancia. Frecuentemente una capa de marga esquistosa y de arcilla, que está encima, no contiene sal, siendo, por el contrario, rica en yeso y anhídrita. Esta arcilla salinífera, que parece estar depositada en una solución de sal, no tiene, por tanto, ninguna capa propiamente dicha, y esto la distingue fácilmente de la de Wielicza, por ejemplo, donde siempre tiene otros caracteres. La sal se encuentra en ella ordinariamente en la proporción de 1 por 100, y además se encuentra sulfato cálcico, carbonatos cálcico y magnésico, sulfuros de hierro y manganeso y materias orgánicas ó bituminosas.

Existen muy importantes yacimientos semejantes en Alemania, el Tirol y el Salzkammergut, que se explotan de un modo muy hábil por medio de cámaras de disolución. El principio consiste en dividir por pozos y galerías, que se cruzan en ángulo recto, la masa que se explota é introducir en los vacíos así producidos agua que disuelve la sal desagregando la arcilla. Las galerías así practicadas en las partes más bajas del banco de arcilla tienen de 1,80 á 2 metros de alto y son muy estrechas; se cruzan en ángulo recto, de modo que forman una especie de tablero, cuyas cajas están constituídas por pilares de arcilla así recortados en la masa y que tienen 1,50 á 2 metros de lado. Estos pilares desaparecen por la llegada del agua. Se comienza por establecer una galería principal que puede alimentar varias cámaras paralelas. Sirve de paso general y también por ella llega el agua dulce. Esta se conduce á cada cámara por una ramificación practicada en el conducto, y como la galería es más elevada que las cámaras, el agua llega á ellas por una galería inclinada 45° próximamente. Una segunda ramificación conduce á un pozo que sirve para vigilar el nivel del agua. El aire que se escapa durante el relleno se evacua también por este pozo. Una galería inferior al nivel de la cámara es igualmente necesaria, y sirve desde el principio para la evacuación de los

restos de arcilla, y últimamente por ella se retira el agua salada; para ello se pone en comunicación con la cámara por un canal bien estancado, formado de doble tabique, en el que se amonтона arcilla. Un conducto de palastro va de un extremo á otro de la cámara, y antes de desembocar en la galería de desagüe se termina en un tabique de chapa agujereada. Las planchas del conducto central están casi juntas, de modo que el agua cargada de arcilla pasa á través de los intersticios de las paredes y pasa clara. Antes del tabique, una estacada con compuertas sirve para regular el nivel del agua salada.

Cuando el agua dulce se introduce en las cavidades así practicadas, su acción disolvente se detiene rápidamente en el fondo. En efecto, á medida que disuelve la sal el agua se hace más densa y las capas de líquido que caen al fondo están saturadas de sal y no pueden disolver más. De otra parte, el fondo se recubre prontamente de un lecho de arcilla procedente de la desagregación de los pilares, y así se encuentra protegida contra la acción del agua. Por el contrario, las partes situadas á lo largo del techo de las galerías están en condiciones completamente distintas. La sal está siempre en contacto con agua poco saturada, capaz de disolver nuevas cantidades de sal; sobre las paredes se encuentran naturalmente todos los casos intermedios, según que esté más ó menos cerca del techo ó del suelo de las galerías. En una palabra, la disolución y la desagregación van decreciendo de arriba abajo. Por tanto hay ventaja en mantener la cámara constantemente llena, á fin de atacar siempre el cielo raso, donde la disolución es más rápida, siendo preciso para ello introducir cantidades crecientes de agua dulce. Parece al principio que los restos arcillosos de una parte y la sal disuelta de otra tratan de mantener el nivel de agua en la que están siempre en contacto con la pared de donde provienen, pero es preciso tener en cuenta primeramente las pérdidas por infiltración y en segundo lugar un fenómeno de contracción. Una masa de sal en estado sólido ocupa, por ejemplo, 171 decímetros cúbicos. Si se trata de disolverla en un metro cúbico de agua, para dar la concentración habitual á que se extrae el agua salada, esta misma masa no aumentará el volumen de agua en 171 litros, como pudiera creerse, sino en 129 litros únicamente, porque su volumen se contrae 25 por 100. Cuando se opera sobre cavidades de más de 25.000 metros cúbicos, se ve que la diferencia de volumen es muy notable.

Los fenómenos de disolución se efectúan sobre todo en la superficie del techo de las galerías, y por tanto es ventajoso aumentar cuanto es posible esta superficie. La resistencia del terreno limita sólo la extensión que hay que dar á las cámaras, á las que frecuentemente se dan 90 ó 100 metros por 30 de ancho.

Se comienza por no introducir sino una pequeña altura de agua, de modo que sólo bañe la parte baja de los pilares. Estos, minados por su base, acaban por carecer de apoyo y se encuentran suspendidos del cielo raso; á medida que se disuelven se eleva el nivel del agua, cosa fácil de regular merced á la galería de admisión inclinada, cuya sección en altura es la misma que la de la cámara que se explota. De este modo los pilares se desagregan poco á poco y desaparecen, tocando entonces el agua el cielo raso, y las galerías se encuentran reemplazadas por una excavación única, que se trata según los principios antes mencionados. Es preciso que el agua moje siempre el techo, pero es perjudicial una cantidad excesiva, porque podría determinar el desprendimiento de bloques que, cayendo en las capas saturadas inferiores, escaparían á la disolución y se perderían.

Elevándose así el techo de la cámara, es preciso elevar cada vez más las compuertas de la estacada, que deben siempre ser más elevadas que el nivel del agua.

La entrada de agua dulce se prolonga en tanto que se puede hacer sin trepidaciones. La operación de llenar exige de dos á tres meses y la saturación de la solución de siete á ocho. La excavación toma una forma cada vez más ensanchada en el vértice, y llega un momento en que es preciso detenerse ante el gran desarrollo del techo, no sostenido por las paredes oblicuas de la cámara. Se evacúan entonces las aguas y se escombra la cámara echando arcilla en una galería inferior por un pozo central que se cierra en seguida. Seguidamente se procede á la explotación de un nuevo sistema de galerías, de manera que la altura de la capa salada sólo se puede explotar en varios pisos. Además de la pérdida de materia que es preciso dejar entre dos pisos para sostener el peso del agua, el establecimiento de cámaras sucesivas ocasiona gastos considerables y obliga además á comenzar la explotación por una cámara inferior muy pequeña.

Concíbese que habría gran ventaja en producir por un artificio cualquiera una cavidad que en vez de crecer de abajo arriba permaneciera cilíndrica. Así se le podría dar una altura ilimitada y los gastos de vaciado se reducirían bastante. Se ob-

tiene este resultado, de manera bastante satisfactoria, operando como sigue: Se introduce constantemente el agua dulce en la cámara, y se retira de manera continua el agua salada saturada. El gasto debe regularse de modo que la cámara esté siempre llena de una solución casi saturada, sobre la que nade una delgada capa de agua dulce, únicamente en contacto del techo; de esta manera las paredes que están constantemente en contacto con el agua saturada apenas se corroen, y la cavidad se ensancha con mucha menor rapidez. El fondo sigue casi á la elevación de la plataforma, pero nunca completamente, por las razones que hemos expuesto, y tanto más lentamente cuanto más rico es el yacimiento. En efecto, en este caso la contracción experimentada por la disolución de sal no está compensada por el depósito de arcilla, y la altura de la excavación va creciendo. Si el depósito es pobre, se puede hacer, por el contrario, que la arcilla fragüe en contacto del agua y disminuya la altura libre. En este caso hay que vaciar la cámara para limpiarla; empezar nuevamente la operación, teniendo cuidado de llenar la cámara de agua saturada para continuar la explotación en las condiciones del principio. Casi nunca se pasa de 60 metros de altura, y muy excepcionalmente se llega á esta cifra por el método discontinuo de cámaras sucesivas; pero operando del modo continuo se puede exceder bastante de esta altura, sin que, sin embargo, sean ilimitadas las dimensiones.

El país clásico en explotaciones de este género es, como hemos dicho, Salzkammergut y el Tirol, y particularmente el grupo de las salinas de Hallein, Ischl, Wallstadt y Gmunden, en el distrito de Salzburgo, en Austria. En Sajonia se encuentran otras muy importantes en Duremberg. Comprenden 33 lagos salados en explotación, cada uno de los que puede contener 25.000 metros cúbicos. Este número es necesario para que las calderas evaporatorias marchen de una manera continua, porque, como hemos dicho, la disolución es muy lenta. Algunos de estos lagos, formados por cámaras subterráneas, se vacían cinco ó seis veces al año, y otros, por el contrario, sólo una, y aun cada dos ó tres años. De la disposición dada á las cámaras resulta la necesidad de dos galerías, una superior que conduce el agua y otra inferior que la deja caer en los aparatos evaporatorios. En las minas de Hallein este resultado se obtiene de un modo particularmente curioso, y lo mejor nos parece transcribir aquí la descripción que de ello dió Villain en 1869:

«Se recorre primero una galería de 6 pies de alta, en que las paredes de rocas húmedas dejan ver de tiempo en tiempo anchas venas de sal blanca y roja. En lontananza se oye el murmullo del agua, que inútilmente se trata de distinguir si es de un riachuelo que pasa por encima de la cabeza ó de un desagüe subterráneo. El guía se detiene, descubre una especie de trampa y hace ver una sima en que nada sirve querer apreciar la profundidad, y que parece descender, negra, estrecha y rápida, en las entrañas de la tierra. Una fuerte cuerda está suspendida á lo largo de una viga resbalante, inclinada 45°; este es el *rutsch* ó resbalador establecido encima de las diferentes cámaras de sal que se encuentran en la mina. En cada cámara hay una pequeña escalera tallada en la roca, pero está tan húmeda y resbaladiza que sólo pueden utilizarla los mineros.

»Esta viga, de ancho de un pie, sólo está destinada á facilitar el descenso en esta especie de abismo. Sobre ella el guía invita graciosamente, si un guía alemán puede ser gracioso, á sentarse, ó mejor acostarse, y luego enseña el modo de que se vale para enlazar la cuerda con la pierna derecha y la mano enguantada para hacer el descenso; coloca al viajero en los bordes del resbalador y empuja al fondo del antro, deseando buen viaje. Teniendo en una mano la cuerda protectora y en otra la antorcha, y encomendando su alma á Dios, se desciende con una rapidez vertiginosa esta montaña rusa de nueva especie.

»Siéntese uno arrebatado de gozo tocando tierra firme. Después de haber marchado diez minutos en línea recta, se vuelve y se toma una nueva galería, al fin de la que se ven lucir una, dos y después cien luces. Aproximándose rápidamente encuéntrase el borde de un lago pequeño, cuyas riberas están provistas de una guirnalda de mecheros que brillan sin alumbrar. Una barca aguarda al viajero anunciado, en la que hay necesidad de sentarse porque el techo de la roca es muy bajo para poder estar de pie.

»La barca se aleja de la ribera como empujada por una mano sobrenatural, pues no se percibe ruido de remos, ni un soplo de vida turba las ondas silenciosas de este lago negro como el caos. En esta espesa noche las antorchas sólo hacen resaltar los vestidos blancos de los visitantes y sus fisonomías pensativas, donde se revela la extraña impresión que produce esta misteriosa escena... Pero el barco toca bruscamente en la ribera y de nuevo se está sobre tierra firme.

»Se comienza nuevamente á marchar por interminables galerías, al principio de las que se encuentra siempre una cavidad. Después de haberla franqueado se cae en una encrucijada, desde donde hacen ver numerosos monumentos de mármol, cuyas inscripciones lo atestiguan, que el emperador y la emperatriz de Austria, acompañados del arzobispo de Salzburgo, han pasado por allí.

»En estas minas lo que más sorprende es no ver mineros. El guía manda misteriosamente observar, y se observa, cuando se llega á una tercera y última cavidad, que aumenta de rapidez sobre las anteriores. Una vez en el fondo, preocupa el saber cómo se llegará á ascender al lado de la luz. Pero un ruido de ruedas lejano se percibe; piénsase que por esta vez al menos se verán aquí mineros, pero no es sino un gran vagón, en el que hay que colocarse. La máquina se desliza sobre un plano un poco inclinado, y marcha con una velocidad tal que cuando se franquea una de las encrucijadas que se encuentra á ambos lados, 200 ó 300 metros, no se hace más que entrever como un brillo que de nuevo se sumerge en la sima. Ultimamente aparece en lontananza una débil luz que muestran los guías, y después, poco á poco, vagas é indefinidas tintas azuladas se esparcen por las paredes. Créese entonces que la galería en que trabajan los mineros está, por una razón ú otra, alumbrada de modo que se produzca este efecto, y se piensa en el espectáculo que se espera. El tinte luminoso aumenta siempre, hasta que se hace por completo deslumbrante, y se encuentra uno en un mundo desconocido, en que un torrente de luz de una intensidad grande inunda todo, que no es otra cosa que el sol; ¡se cree soñar! Es preciso recordar que para llegar á las salinas tiénese que ascender bastante, y que se entra en la montaña por su vértice y se sale por la base. En cuanto á los mineros, trabajan en las galerías llenas de agua, que no son nunca visitadas por los extranjeros por el daño que se puede originar, y también por el disgusto que estas curiosas visitas causan en general á los mineros».

Las minas más antiguamente explotadas por este método de cámaras de disolución son las de Hall, descubiertas en 1275 por Nicklaus von Rohrbach, siguiendo hasta su origen un riachuelo salado. Tal como hoy se practica la explotación, produce la sal á 35 francos tonelada.

CAPÍTULO VI

Manantiales. Pozos de sonda.

Cuando las aguas subterráneas atraviesan una masa profunda de sal gemma, puede ocurrir que estas aguas salgan al exterior formando un manantial salado. Basta evidentemente para ello que el lugar donde se infiltran las aguas sea más elevado que aquel por donde salen. Estos manantiales varían bastante en cuanto á su composición y alumbramiento, pues contienen cantidades de sal, gases é impurezas muy diversas, siendo igualmente muy variable su temperatura. Las aguas de infiltración pueden, en efecto, atravesar un banco de sal gemma más ó menos rico y permanecer más ó menos tiempo en su contacto. Además, al salir de la arcilla impermeable que contiene el yacimiento salinífero pueden desembocar en terrenos arenosos impregnados de agua dulce que disminuye su riqueza en sal. Estos mismos terrenos pueden últimamente contener impurezas ú otras sustancias minerales, á cuyo contacto la sal se descomponga parcialmente. Así, de una manera general, cuanto más lejos tenga lugar el alumbramiento de un manantial salado, con respecto á la mina de sal gemma, será más impuro y pobre en sal; por esta razón es muy importante, cuando se descubre un manantial salado, captarlo cuidadosamente. Evítase así al menos el inconveniente de la mezcla con aguas dulces de los terrenos atravesados. Se taladran con este fin pozos que se entuban interiormente. Toda mezcla por infiltración se evita de este modo, y además el entubado permite hacer maniobrar una bomba en el pozo y activar así el rendimiento del manantial.

Los manantiales ocupan frecuentemente un radio muy extenso y sus aguas se envían por medio de una canalización al sitio en que se benefician.

El agua de los manantiales salados tiene la misma composición que la de las cámaras de disolución, esto es, contienen sulfatos sódico, magnésico y cálcico, y cloruros de las mismas bases. El sulfato cálcico ó yeso se encuentra siempre en gran pro-

porción, y frecuentemente está saturada de él el agua del manantial. Encuéntrase también en los manantiales salados un poco de caliza y de óxido de hierro, como en el agua del mar, y cierta cantidad de sustancias orgánicas diversas, bastante mal definidas, cuya presencia se manifiesta por una espuma abundante ó por un color pardo que comunican á la solución concentrada.

Según las observaciones hechas anteriormente, es fácil observar que estas sustancias se encuentran sobre todo en gran abundancia en las aguas pobres en sal, por lo que son doblemente difíciles de tratar. La cantidad de sal por litro puede ser de 1 á 2 gramos solamente, ó tener como algunas de 6 á 7, y las más ricas contienen hasta 25 gramos (1).

Por tanto, siempre hay necesidad de concentrar estas aguas antes de someterlas á la evaporación; para ello pueden seguirse dos métodos: se puede aumentar su riqueza en sal ó disminuir la cantidad de agua. Cuando se puede obtener á precio económico sal gemma impura, se disuelve hasta saturación en el agua débilmente salada, para lo que se dispone esta sal sobre parrillas de madera colocadas en la superficie del líquido, con lo que, á medida que el agua aumenta de densidad por la sal que disuelve, cae al fondo y deja la superficie á la no saturada. Este procedimiento, seguido en las salinas de Salzkammergut, es el que debe seguirse cuando, por ejemplo, se quiere privar de sal á un trozo de carne conservada en salmuera, con lo que la operación se hace en un tiempo infinitamente más corto que si se coloca la carne en el fondo del vaso.

Este procedimiento no es el únicamente seguido; en bastantes localidades se emplea el sistema llamado de graduación, que consiste en hacer que el agua se evapore para que la solución se concentre. La concentración por el frío, de que hemos hablado á propósito de las salinas de costa de Rusia, se relaciona indirectamente con este método, pues la congelación separa de la solución sometida al tratamiento agua casi sin sal que se solidifica y una porción de líquido saturado.

Lo mismo ocurre en la graduación por el sol, tal como se hace en las salinas de costa naturales de Crimea, y que puede llegar hasta la completa evaporación. Pero se reserva de ordinario el

(1) En Novelda (Alicante) existe un manantial salado que no se utiliza para obtener la sal, sino como agua minero-medicinal, que contiene más de 250 gramos de sal por litro.

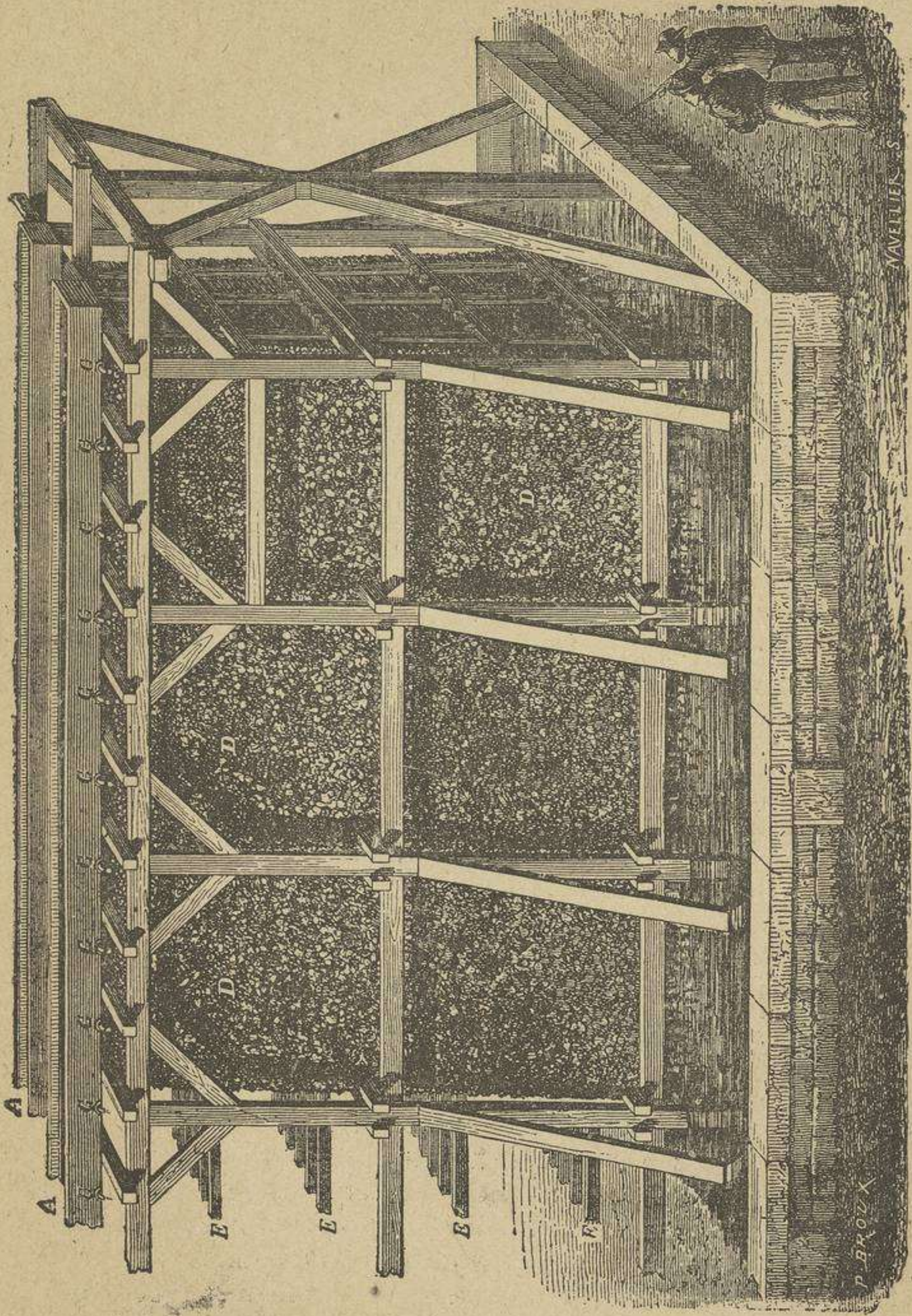


Fig. 15.—Andamio de graduación de la salina de Salzburgo.

nombre de graduación á un procedimiento particular, que consiste en practicar la evaporación en un plano perpendicular al viento, sobre el agua, dividida todo cuanto es posible, para presentar una mayor superficie de evaporación. Con este objeto se han ensayado sucesivamente aparatos en escalera, formados por capas planas superpuestas. El agua cae de una á otra en láminas delgadas ó en filetes, y basta disponer una serie bastante considerable de cajas para conseguir que el agua adquiriera la concentración deseada. Otras veces se practica la graduación llamada sobre cobertores, que consiste en hacer pasar el agua procedente del manantial por el plano inclinado del depósito destinado á contenerla. Es, por tanto, una operación accesoria; pero cuando las condiciones atmosféricas son favorables, la evaporación obtenida, regulando de un modo apropiado la caída del agua, puede ser muy intensa.

La forma más general de los aparatos de concentración es la de «bastidores de graduación», que consiste en dejar caer el agua salada en delgados chorros á través de una sustancia que retrase su caída, dividiéndola y manteniéndola así á la acción del aire el mayor tiempo posible. Practícase así en alto lo que puede practicarse superficialmente, sea por el aspecto del terreno, sea porque los vientos sean débiles.

Se construye una andamiada sólidamente apuntalada para resistir la acción del viento, al que la construcción ofrece una gran superficie. En la parte superior, de 15 á 16 metros, se dispone el depósito de donde cae el agua salada. La armadura comprende pilares verticales y trenzados horizontales en número de 4 á 5. Todos sus intersticios están rellenos de haces de leña espinosa. Esta leña debe estar en ramas tan irregulares como sea posible, para ofrecer mayor superficie é impedir que las gotas se reúnan, eligiéndose generalmente el ciruelo salvaje ó endrino. Los enrejados están destinados á prevenir el aplanamiento que el peso del agua produciría por las capas inferiores, que disminuiría la permeabilidad. Se disponen de ordinario dos series de haces frente á frente, algunas veces cuatro. La extremidad externa se recorta una vez que está en su sitio, de modo que la superficie sea tan plana como sea posible; además se inclina ligeramente de arriba abajo, lo que impide que las gotas se proyecten tan fácilmente. Últimamente, cada haz está un poco inclinado hacia fuera, de modo que caiga el agua que pudiera retener en su masa. El conjunto descansa sobre una vasija inferior hecha de maderas de abeto, con

junturas enlodadas que de ordinario descansa sobre pilares para elevar un poco el conjunto y emplear el viento lo mejor posible. La anchura del muro de madera así obtenido es de 5 á 7 metros abajo y 3 á 5 de alto, pudiendo ser ilimitada su longitud. Uno de los más largos, el de Schonebeck, tiene 838 metros.

El depósito superior, á donde se eleva el agua, la vierte en dos regueras accesorias bien horizontales, que comunican con él por una tubulura provista de una compuerta. No se vierte nunca nada más que por una reguera, la que sirve la pared expuesta al viento. El resto del macizo sólo sirve para retener las gotas arrastradas. Ultimamente, la alimentación de los haces se efectúa por llaves de madera que vierten el agua salada de las regueras en cuezos estrechos de un metro de largo, bien horizontales y provistas en los dos bordes de muescas, por donde cae el agua en chorros finos que se subdividen en gotas. La caída del agua se puede regular á voluntad, según la dirección del viento, su fuerza y el estado de sequedad ó humedad del aire.

Los andamios de graduación no sólo concentran el agua salada, sino que al mismo tiempo efectúan una verdadera depuración física. Como en el agua del mar sometida á la depuración, el óxido de hierro, carbonato cálcico, el de magnesia, y además el sulfato cálcico, se depositan sucesivamente cubriendo las faginas de incrustaciones y formando en los estanques depósitos cenagosos. Al cabo de algunos años hay necesidad de cambiar las faginas, porque sus intersticios están completamente obstruídos.

Desde que el agua comienza á concentrarse la proporción de sulfato cálcico disminuye y la de las otras sales aumenta por el contrario. La cantidad de sal disuelta en un manantial que contenga antes de la graduación 10 gramos por litro, llega á 25 gramos después de la quinta caída á través del bastidor, lo que equivale á una evaporación de 500 litros por 100 kilogramos de sal. En Durenberg, en que el agua salada tiene 7,50 gramos, contiene 21 después de la tercera caída, y por tanto para conseguir este resultado se evaporan 750 litros por 100 kilogramos. En otros manantiales el agua se concentra de 4 á 25 gramos en una, de 4 á 19 gramos en otra, con evaporaciones respectivamente de 1.100 gramos y 1.060 litros por 100 kilos. Si la operación diera el rendimiento teórico, evidentemente se podría evaporar de esta manera por caídas sucesivas, basándose únicamente sobre el precio de coste de la fuerza motriz destinada á elevar el agua á la vasija superior, pero se tendría que suspender cuando los gastos de

esta elevación fueran mayores que los de evaporación por combustible. Pero en la práctica no se puede razonar así, y la apreciación del momento en que la evaporación deja de ser ventajosa es difícil de determinar, á causa de las pérdidas mayores ó menores, pero siempre importantes, que por arrastre se producen. Las gotitas muy pequeñas llegan á evaporarse completamente durante su caída, y el viento arrastra las pequeñas partículas de sal que así resultan, resultando esta pérdida tanto más considerable cuanto mayor son la superficie agotada y la fuerza del viento, y varía de 19 á 25 por 100 de la sal que contenía la solución primitiva. Por esta razón la caída se suspende cuando el agua contiene de 15 á 25 por 100 de sal y se continúa la evaporación por el calor.

Pero no es el citado el único inconveniente de la graduación. Según las localidades, y sobre todo según las circunstancias meteorológicas, la eficacia de este método de concentración es extremadamente caprichosa y varía de simple á doble. Además la operación es muy lenta, los gastos de entretenimiento, construcción y explotación son muy elevados, de tal modo que este método va cayendo en desuso en las salinas y puede decirse que sólo tiene interés histórico.

Se ha intentado en ciertas localidades perfeccionarle. Así, en Moustiers y en Saboya se emplean simplemente cuerdas como aparato de evaporación. El agua es distribuída por un depósito superior ó regueras, cuyo fondo está provisto de una serie de agujeros, cada uno de los que está atravesado é incompletamente tapado por una cuerda tensa sostenida por un nudo. Resulta así una red de cuerdas paralelas muy próximas, que constituyen una superficie de evaporación considerable. Esta superficie aumenta todavía al cabo de algún tiempo, porque el agua salada, cayendo á lo largo de la cuerda, deposita en ella sulfato cálcico, que termina por aumentar su volumen, y por tanto su superficie en grandes proporciones, llegando un momento en que las cuerdas son tan voluminosas que hay necesidad de separar con una raedera la capa de yeso que las recubre. En Moustiers el número de cuerdas es de 46 por canal, formando una longitud total de 100.000 metros. Otras veces las cuerdas se reemplazan por bandas estrechas de tela.

Los depósitos que incrustan los aparatos de graduación se venden como aboncs después de secos y pulverizados.

El método, bastante más racional, que ha reemplazado casi

completamente la graduación, es el de los pozos de sonda. Los perfeccionamientos recientes del sondeo y los conocimientos geológicos bastante más precisos que se poseen sobre los diversos terrenos han permitido su empleo general, como se comprenderá fácilmente con decir tan sólo que el agua obtenida puede enviarse directamente sin evaporación previa á las calderas.

Sabemos que la riqueza de un agua que atraviesa un lecho salinífero es tanto mayor cuanto más tiempo esté en su contacto; pero la riqueza crece también generalmente con la profundidad, y si se pudiera llegar á hacer actuar sobre la misma masa de sal, se podría extraer agua saturada. Estas condiciones son las que se desean obtener. En la práctica se tropieza con dificultades diversas; así, en la salina de Durenberg se ha observado la anomalía singular que expresan las siguientes cifras:

Profundidad en metros: 12, 23, 96, 145, 310, 322 y 334.

Cantidad en agua por 100: 4,4, 2,9, 4,9, 2,5, 9,3, 19,2 y 16,6.

Como se ve en cinco veces diferentes, la riqueza de sal, en vez de crecer con la profundidad, sigue una proporción inversa, probablemente por infiltraciones de agua dulce; entonces el gasto para llegar al yacimiento salino sería muy considerable, y ordinariamente se detiene cuando se ha encontrado un líquido que pueden utilizar las calderas. Se descende generalmente hasta 150 y 300 metros. En su parte más estrecha el agujero de sonda tiene de 10 á 15 centímetros de diámetro, y muy rara vez puede obtenerse sin tubos. Los tubos empleados son por regla general de cobre, de 1 centímetro de espesor; los de hierro, mucho más baratos, se corroen fácilmente y el recambio es muy caro y penoso. Las circunstancias más favorables son aquellas en que el agua salada asciende hasta la superficie y brota como un pozo artesiano; pero esto ocurre muy rara vez, y de ordinario el agua salada se presenta á profundidades considerables, por lo que su extracción por bombas resultaría muy costosa, y se suple por regla general por el medio siguiente, aplicable casi siempre. Si se introduce entre la pared exterior y un tubo interno agua dulce y ésta está en contacto del yacimiento salino, se saturará de sal, formando en el yacimiento una cámara de disolución en la que penetra el tubo interior. Ocurre entonces lo mismo que si se tratara de un frasco lleno de agua y provisto de dos tubos, con la diferencia de que en el caso que nos ocupa un tubo está dentro de otro; si por uno de ellos se agrega agua hasta un nivel cual-

quiera, el líquido ascenderá en el otro tubo á la misma altura. Por tanto, la cámara de disolución practicada en el banco de sal está suficientemente cerrada para asemejarse á un frasco; se podrá hacer ascender el agua saturada de sal á la altura que se quiera por medio de una altura correspondiente de agua dulce. Hemos dicho correspondiente y no igual porque, en efecto, en la experiencia precedente el líquido llegará á igual altura en los tubos, con la precisa condición de ser uno; pero si el frasco contuviera por ejemplo mercurio y se agregara agua por el tubo, el mercurio, que es en números redondos trece veces más pesado, se elevaría trece veces menos en el segundo tubo. Como el agua salada saturada tiene una densidad de 1,18 próximamente, una columna de agua dulce de 300 metros, por ejemplo, sólo podrá

elegir esta agua salada á la altura expresada por $\frac{300}{1,18} = 254$

metros próximamente, quedando por franquear 46 metros. Si se puede disponer de agua con presión, procedente de un manantial elevado, por ejemplo, se puede conseguir el resultado con su empleo, pero generalmente se recurre á un trabajo mecánico.

Para esto se comienza por establecer el tubo interior de cobre de que ya hemos hablado, y que está compuesto de una serie de trozos reunidos por roscas de tornillos; como su peso es considerable, se procura apoyar su parte inferior sobre una roca resistente por un ancho collar y superiormente se suspende de una viga transversal. El último trozo está al principio cerrado y provisto de un gran número de agujeritos, que forman una alcachofa, de una altura de 3 metros próximamente. Esta parte está sumergida en el agua salada. Al nivel del estrechamiento hay una válvula, y en el tubo que sigue un pistón que mueve un largo tallo.

Establecido así, el pozo de sonda puede dar durante muy largo tiempo muy buenos resultados; pero el método tiene inconvenientes, que provienen sobre todo de la imposibilidad de regularizar la acción del agua dulce. Ignórase, en efecto, sobre qué capas actúa, cuál es su extensión y su profundidad, de modo que su acción disolvente puede extenderse hasta una capa permeable por donde se pierda el agua salada, y últimamente por este procedimiento es imposible una explotación por trabajos subterráneos.

El agua salada, al salir del pozo de sonda, no puede enviarse

directamente á las calderas, por estar turbia y no depositarse sino con gran lentitud las partículas que contiene, por lo que necesita estar en depósitos muy grandes, donde se almacena durante el tiempo necesario. Estos depósitos tienen además otra utilidad: puede ocurrir, en efecto, que por un trastorno de las bombas, ó por un hundimiento, la fábrica se vea privada de agua salada momentáneamente, ó, por el contrario, que la extracción exceda á la potencia evaporatoria de la fábrica; en ambos casos los depósitos mantienen el equilibrio entre las diversas fases de la explotación. Ordinariamente se construyen de maderos de abeto bien planos, cuyas junturas están provistas de cáñamo y protegidas por contrajunturas exteriores. El conjunto se consolida por marcos y coloca frecuentemente en el suelo. En caso contrario se les recubre de una capa de tierra gredosa en toda su altura. Un techo les protege de la lluvia y evita la dilución del agua salada. Rara vez es suficiente contentarse con una excavación en el suelo, que se recubre de arcilla y se puede consolidar con maderos ó piedras.

A veces, antes de enviar la solución salina á las calderas se la hace sufrir una especie de depuración química; la más frecuente consiste en la adición de una lechada de cal. Las sales magnésicas se transforman en sulfato cálcico y en magnesia hidratada, ambos casi insolubles y que se precipitan arrastrando al mismo tiempo, por una especie de encolado, el hierro, la alúmina y las materias orgánicas. Un exceso de lechada de cal es perjudicial, porque haría el consumo muy penoso, y se remedia, cuando se observa, por una nueva adición de agua salada.

Otras veces la depuración puede hacerse por la simple mezcla

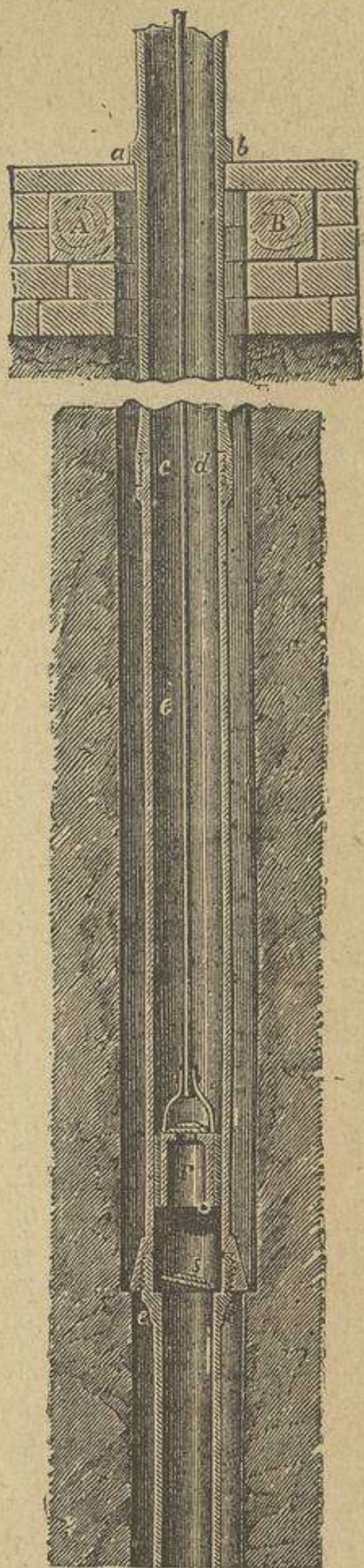


Fig. 16.— Sondaje de un yacimiento de sal.

de aguas saladas diversas. Así, un manantial que contiene cloruro cálcico precipitará los sulfatos de sosa y de magnesia contenidos en otros manantiales. También puede presentarse el caso de dos manantiales que contengan separadamente, uno cloruro magnésico y otro sulfato sódico; mezclándolos se podrá, por una sola operación, precipitar ambas sales por la adición de cal y evitarse una doble depuración.

Después de estas operaciones, la solución clarificada y decantada se lleva á los aparatos de evaporación.

Los manantiales salados y los yacimientos de sal, de donde también se extrae agua saturada, son extremadamente abundantes. En Francia forman el grupo salinífero del Este, cuyo yacimiento más notable, en parte alemán hoy, se extiende de Dieuze á Vic, á lo largo del valle de la Seille. Hemos expuesto la constitución geológica de este yacimiento, que pertenece á la capa triásica, y sólo diremos breves palabras acerca de su descubrimiento. Los manantiales salados que desde tiempo inmemorial se explotan en Dieuze dieron idea de la existencia de una provisión subterránea de sal, de donde tenían que alimentarse estos manantiales. Sin embargo, aunque existían en Dieuze desde el siglo IX salinas, no se encuentra formulada esta idea hasta mediados del siglo XVIII, por Guettard, eminente mineralogista, que observó la analogía entre estos terrenos y los de Wielicza. Los primeros sondajes no se hicieron hasta cincuenta años más tarde, en 1819, á poca distancia de Vic. Los primeros bancos de sal se encontraron á 65 metros, y entusiasmados por este resultado se prosiguió hasta 166. En este trayecto se encuentran 35 metros de sal dispuestos en seis bancos, y no se alcanza el fondo del yacimiento. Sondajes posteriores han permitido reconocer la extensión y la continuidad del banco de sal; se comenzó desde 1821 á vaciar pozos, con la esperanza de dedicarse á la explotación por derribo. En 1825 las aguas invadieron las minas y causaron un grave hundimiento, de manera que hubo que renunciar á ello.

Los principales pozos actualmente explotados son, con las salinas de Meurthe-et-Moselle, la de Arc, en el Doubs; de Salins y de Montmorot, en el Jura; de Gouhenans y de Melecey-Fallon, en la Alta Saona. Ultimamente, en los Bajos Pirineos, en Briscou, Orthez y Salies, se extrae sal gemma por disolución por medio de pozos de sonda, y en Villafranca, donde se conduce á la superficie del suelo por una galería, se la disuelve igualmente para pu-

rificarla. Para ello se separan los fragmentos pequeños, bastante más solubles, de los mayores. Cuando un bloque se rompe, la ruptura sigue siempre las líneas de menor resistencia, en que la sal es más terrosa. La sal menuda se coloca en una caja de madera agujereada y se rocía con agua en forma de lluvia fina, que disuelve la sal y se recoge en los estanques de cemento. Estos están recubiertos de una rejilla, sobre la que se disponen los bloques, que se disuelven poco á poco y dan una solución de 24° B.

Fuera de Francia, los países clásicos para la producción de la sal por este método son Inglaterra y Alemania. En el Tirol, en donde ya hemos visto funcionar las cámaras de disolución, se encuentra el procedimiento de sondaje en las mismas localidades. Otro grupo importante es el de la Baviera meridional, con las salinas de Durenberg, Schonebeck, Kolberg, Kosen, Neusalzwerdl y Konigsborn. Algunas veces se combinan los dos métodos; así, el agua salada en exceso, procedente de la cámara de lixiviación de Berchtesgaden, se conduce á los manantiales salados de Reichenhall, que enriquece, y después se transforma en sal en las fábricas de esta última localidad, de Rosenheim y de Traunstein. Son precisos en un principio 100 kilómetros de conducción para llegar hasta Rosenheim, y el tubo derivado de la conducción que va hasta Traunstein tiene todavía 12 kilómetros. Antes se hacía uso de tubos de plomo, que después se han reemplazado por madera ó fundición. Esta última sustancia no se ataca apenas si la conducción está constantemente llena de agua y al abrigo del ácido carbónico del aire.

La explotación de las grandes salinas del Cheshire y de Worcestershire se hace por dos métodos combinados: el de sondaje y el de derribo. Ya hemos expuesto brevemente, en la primera parte de esta obra, la disposición particular de los yacimientos ingleses, que enclavados en los terrenos cercanos, elevados en sus bordes, forman como una inmensa cubeta impermeable que contiene la sal en capas potentes. La explotación se hace en tres pisos á la vez; existen, en efecto, tres capas superpuestas principales, cada una de las que está coronada en el techo de una formación muy dura é impermeable. Si, por tanto, las aguas de infiltración vienen á penetrar en el intervalo de los terrenos, serán retenidas y formarán en contacto de la sal una capa de agua de saturación. Como el nivel de las aguas exteriores es bastante más elevado, la capa subterránea estará sometida á una presión suficiente para que los sondajes que llegan á ella den lugar á pozos

artesianos que forman surtidor ó por poco llegan al suelo. Todos estos fenómenos se encuentran también en Cheshire; de tres capas de sal superpuestas, dos se encuentran invadidas por el agua que forma en el centro de la cavidad, cuyo volumen, todavía explotable, se fija en 40.000 metros cúbicos lo menos. Esta capa se presenta en condiciones de explotación particularmente fácil, y se utilizan para la reunión antiguos pozos que se prolongan por galerías hasta su contacto. El agua salada que de ellos se obtiene, y la de numerosas fuentes brotantes, no se trata generalmente en el mismo sitio, sino que se envía á un gran número de fábricas diseminadas en la región por medio de tubos, algunos de los que tienen más de 15 kilómetros; el agua salada así distribuida se vende á las fábricas á 0,30 francos tonelada. Además, se han establecido en las proximidades fábricas de sosa por el procedimiento de Solvay; de modo que se tiene en el distrito salinífero cuatro industrias distintas: disolución de la sal, evaporación del agua salada, explotación de la sal en roca y transformación de la sal en carbonato sódico. El yacimiento de Worcestershire ha contribuído poderosamente al desarrollo de la industria química de Newcastle. En uno de sus puntos, Stoke-Prior, se puede extraer por derribo la sal que aflora al suelo.

En Cheshire, que por una favorable circunstancia se encuentra en la proximidad del gran puerto de Liverpool, no se explota por derribo sino la capa inferior (*bottom-bed*), que su techo impermeable preserva de toda infiltración, aunque en su parte superior está el estanque central de agua salada. La sal que se extrae se llama en Inglaterra *rock-salt*; ordinariamente está coloreada de amarillo y aun pardo por óxido de hierro, aunque otras veces es por completo incolora y transparente. No se emplea en el consumo y se usa para el refino, las industrias químicas y los animales. El derribo se hace de modo muy sencillo, sobre dos capas superpuestas, dejando de distancia en distancia sólidos pilares en trincheras, cuyo volumen se calcula de modo que sea la dozava parte próximamente de la masa total de sal. Los bloques se separan por medio de cuñas, y menos frecuentemente por barrenos, no excediendo los gastos de extracción de 2 francos la tonelada. Cada año se extraen próximamente 175.000 toneladas.

En cuanto al agua salada, en 1884 se han retirado 7.487.000 toneladas, que han producido 1.740.000 toneladas de sal, cuyo precio de coste oscila entre 7,30 y 8,40 francos tonelada. Como se ve, esta es una de las más colosales explotaciones de este mine-

ral, y tiene sobre la comarca una curiosa influencia. El suelo, completamente minado por debajo, se va introduciendo lentamente y sin trastornos. Alguna casa que tenía antes un piso se ha hundido en toda la altura del piso bajo. Pero las reclamaciones de los habitantes se estrellan en la secreta protección que las leyes inglesas, utilitarias y prácticas ante todo, otorgan á la industria de Cheshire.

Los manantiales salados de España que merecen citarse son los de Antequera (Málaga), Cabezón de la Sal (Santander), Arros y Ojos Negros (Aragón), Ciempozuelos (Madrid), San Pedro del Pinatar (Murcia), Belinchón (Cuenca) y otros muchos de menor importancia.

CAPÍTULO VII

Evaporación.

FORMACIÓN DE LOS CRISTALES DE SAL.—HORNO DE ESPACIOS RADIADOS.—CORTE DE UNA ESTUFA DE SAL DE ESPACIOS PARALELOS.—ESTUFA DE SAL DE ROTTENMUNSTER.—APARATO PICCARD.—ESTUFA DE SAL HERSHELL.

Llegamos á la operación última, en que las aguas saladas obtenidas por un procedimiento cualquiera se someten á la evaporación. Trátase de separar, por la acción del calor, el agua que constituye las tres cuartas partes de la masa y las sales extrañas que retiene en gran número.

Siendo el cloruro sódico casi igualmente soluble en frío que en caliente, no se pueden obtener sus cristales abandonando al enfriamiento su solución previamente saturada en caliente. Es imprescindible someter el líquido á una evaporación prolongada, y la manera de conducir esta operación influye bastante en la forma de los cristales. Estos sólo se forman en la superficie, en que la temperatura es menor y más intensa la evaporación. Fórmase un cubo regular que, como hemos visto, es la forma geométrica que afecta la sal común al cristalizar; este cubo es más denso que la solución en que se ha formado, y por esto deprime su superficie ligeramente y forma como el fondo de un pequeño embudo. La forma de las masas de cristales depende de esta circunstancia. Si, en efecto, el cubo de sal, más pesado que la solución, se mantiene, sin embargo, suspendido cerca de su superficie, contrariamente á lo que debiera pasar, es por la intervención de un fenómeno de capilaridad análogo al que se produce cuando se introduce en el agua un cuerpo que no es mojado por el líquido; sábese en este caso que el agua no queda horizontal al rededor del punto que la toca, sino que se deprime formando una especie de cubeta pequeña, como si el líquido se hubiera he-

cho sólido ó tuviera una delgada película en su superficie; sábese también que si el agua moja el cuerpo que en ella se sumerge se produce el efecto contrario, y en vez de deprimirse asciende en la superficie del cuerpo un poco más alto que su nivel horizontal, formando como un pequeño cono líquido. El primero de estos fenómenos, como hemos dicho, se produce con el minúsculo cristal de sal que se forma; éste, que crece constantemente por

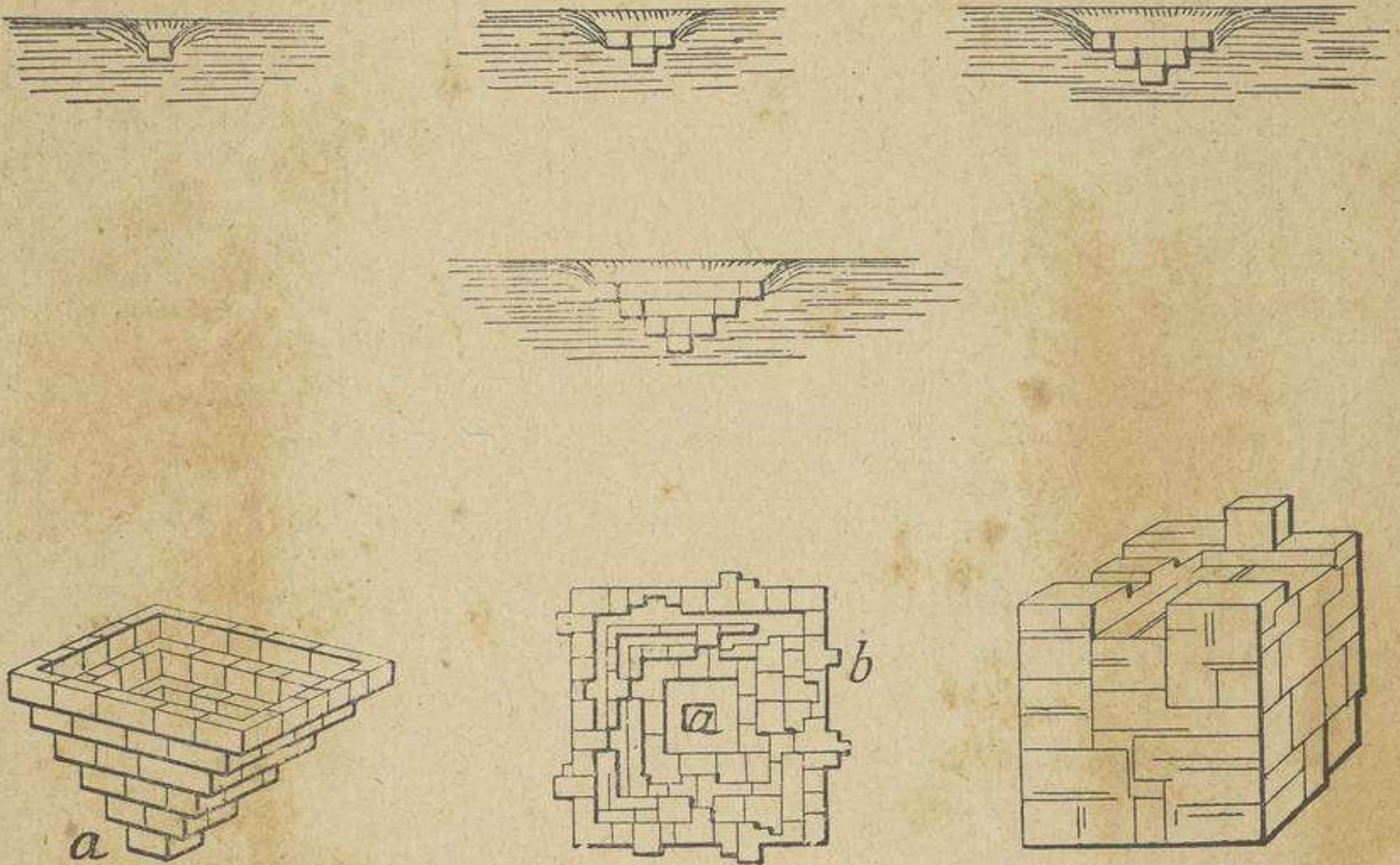


Fig. 17 — Formación de los cristales de sal.

la unión de nuevas moléculas, permanece suspendido á una distancia un poco inferior á la superficie por la atracción que sobre él ejerce la superficie que deprime. Supongamos que se forma ahora un nuevo cristal; en virtud de las mismas leyes se formará en la superficie, esto es, en los bordes inclinados del pequeño embudo, de manera que la cosa se produce á la vez en las cuatro aristas superiores del cubo primitivo; éste se encontrará rodeado de un cuadrado perfecto, cuyo fondo tapaná exactamente; el pequeño sistema así formado se sumergirá un poco más, y en la superficie del líquido habrá nuevos bordes inclinados, en donde se producirán los mismos fenómenos. Cada cuadrado, cada vez

más ancho, formado al nivel de las aristas superiores del cuadrado colocado debajo, le toca únicamente por sus aristas, y el resultado final es la producción de una especie de pirámide hueca, invertida, cuyas paredes están dispuestas en gradillas y cuyo vértice está ocupado por el cristal primitivo. Estas son las que se llaman *tolvas* de sal. Este modo de agrupamiento es fácil de observar en la sal gruesa destinada á la agricultura y las salazones, y aunque rara vez es de una regularidad tan geométrica, se distinguen perfectamente los cubos constitutivos.

Concíbese que esta formación de cristales, unida á la débil atracción que ejerce la capa superficial del líquido, exige, para que tenga lugar, la completa tranquilidad del líquido. Si en vez de hacerse la evaporación lentamente se hace á la ebullición, los pequeños cubos primitivos no tienen tiempo de crecer y soldarse, y son arrastrados al fondo tanto más rápidamente cuanto más tumultuosa es la ebullición. Se obtiene así la sal fina ó sal *al minuto*, cuya densidad es mayor que la de los cristales grandes, pues pesa el hectolitro 84 kilogramos cuando es fina y hasta 96 cuando es muy fina, en tanto que la gruesa pesa de 72 á 76, según la dimensión de los cristales.

Se ve que estos dos hechos, tan sencillos y tan íntimamente unidos, evaporación y ebullición de un líquido, pueden dar productos muy diferentes. La diferencia no es menor cuando se considera la cantidad de combustible gastado. Si, en efecto, se calienta un líquido á la ebullición, se sabe que ésta se produce en el momento preciso en que su vapor adquiere una tensión bastante fuerte para hacer equilibrio al peso de la columna atmosférica que pesa sobre su superficie. Por esto se puede hacer hervir el agua sin fuego bajo la campana de la máquina neumática. El vapor producido en estas condiciones es constantemente reemplazado por una nueva cantidad.

Si, por el contrario, no se calienta hasta la ebullición, lo que es lo mismo que si se dijera que el vapor que se desprende no tiene la misma presión que la atmósfera, y si la presión tuviera lugar en un espacio cerrado, cuando el aire estuviera saturado de vapor acuoso cesaría la evaporación. Por tanto es preciso que este aire saturado, húmedo, sea constantemente reemplazado por aire seco, que esté apto para cargarse de una nueva cantidad de vapor, para que la evaporación continúe. Precisamente este calentamiento de aire, inútil en el caso de la ebullición, será causa de un notable aumento en la cantidad de combustible

empleado cuando para evaporar la misma cantidad de líquido se procede por evaporación. La cantidad de carbón empleada por tonelada puede variar de 400 á 600 kilogramos para las siguientes cantidades de sal producida: á una temperatura de 45 á 50° las cocciones duran ocho días, y se obtienen cada veinticuatro horas, por metro cuadrado de superficie evaporatoria, 24 kilogramos de sal gruesa.

Si se trata de sal media se obtienen 32 kilogramos en una sesión de veinticuatro horas.

La sal fina da 55 kilogramos en una cocción de veintidós horas á la temperatura de 80°.

Ultimamente, la sal extrafina obtenida á 108° da 75 kilogramos.

La sal gruesa se obtiene frecuentemente por el siguiente procedimiento: Se comienza la concentración con un calor rápido hasta la saturación, y se mantiene la temperatura por debajo de la de ebullición para que se formen los cristales.

A pesar de la depuración que se hace en las soluciones salinas, se forman en ellas siempre depósitos ó espumas durante la evaporación. Los carbonatos de cal y magnesia, las materias orgánicas y el sulfato cálcico forman un barro espumoso que debe separarse de tiempo en tiempo. Ultimamente, las sales que, por el contrario de las citadas, son muy solubles, se concentran durante la formación de cloruro sódico, y dan así lugar á la formación de un agua madre que al cabo de cierto tiempo debe evacuarse y conservarse para los usos que puede tener. En ciertas salinas en que las aguas son muy puras se puede obtener sal sin despumar, como en Dieuze, pero en bastantes otras no se puede renovar el agua más de tres ó cuatro veces á lo sumo en los aparatos de evaporación.

Estos, que constituyen la parte esencial de la fábrica, deben presentar simultáneamente una gran superficie de caldeo y una gran superficie de evaporación, siendo la forma que mejor concilia estas dos exigencias la de una vasija plana. Así las estufas de evaporar tienen pequeñas dimensiones en altura, 46 á 65 centímetros, y una superficie horizontal bastante considerable; la anchura sólo es de ordinario la mitad de la longitud, y sólo se calientan por el fondo. Se podría obtener una utilización más completa rodeándoles por todas partes de los gases de la combustión, aunque en realidad su pequeña altura hace inútil este perfeccionamiento. Sus dimensiones varían de 75 á 200 metros cuadra-

dos, siendo la media más ventajosa para la utilización del combustible y facilidad de la maniobra la de 100 metros cuadrados.

Las fábricas de sal gruesa exceden estos límites y tienen frecuentemente 210 metros cuadrados; en Dieuze y en Inglaterra se llega á 335. La forma alargada de las calderas se presta mejor al tiro é instalación del hogar.

Por regla general son de palastro, de 7 á 8 milímetros de grueso, y como su fondo debe estar perfectamente unido, no se remachan las planchas unas sobre otras, sino que se reúnen por sus bordes bien enderezados sobre una contrajuntura exterior. Otras veces se construyen las calderas de placas de fundición delgada, que se reúnen por medio de pernios que cierran los rebordes exteriores.

Concíbese que con semejantes dimensiones las calderas deben estar soportadas por numerosos puntos. El soporte primero está formado de varias hojas de palastro que se remacha al fondo en la parte colocada debajo del hogar. Se soporta además esta parte media por una bóveda, que al mismo tiempo la preserva de los golpes de fuego. Otras veces se suspende el fondo por tirantes de hierro enganchados al techo. Además de los muros laterales del hogar resultan otros soportes los tabiques que separan los espacios de caldeo. Las paredes laterales no calentadas se recubren ordinariamente de una sustancia aisladora, sea madera ó una capa de aire.

Una cuestión importante es la de la corrosión de las calderas por las aguas saladas en presencia del aire. Antes se evitaba por medio de una capa espesa de alquitrán, que tenía además la ventaja de hacer las incrustaciones más fáciles de separar, pero luego se ha recurrido á un medio muy sencillo y eficaz. Sábese que el hierro galvanizado, es decir, recubierto de una capa de zinc depositada eléctricamente ó por otro cualquier procedimiento, no se oxida aunque quede su superficie al descubierto, contrariamente á lo que ocurre con el hierro estañado, debido á que el zinc es más oxidable que el hierro, y toda la alteración la experimenta él, que constituye el polo positivo de una pila eléctrica cuyo polo negativo es el hierro. No es necesario recubrir de zinc las calderas, con lo que se harían inatacables, sino que basta con disponer á lo largo del borde un tabique de madera bien unida, que se coloca ordinariamente á lo largo del lado menor, y en el estrecho intervalo que queda entre la madera y la pared se vierte zinc. La madera, como porosa, no impide el ataque del zinc por el li-

quido, y por consecuencia, preserva la caldera. El cloruro zíncico que así resulta no modifica nada ni la sal ni el agun madre, por la cortísima proporción en que se encuentra. Con este per-

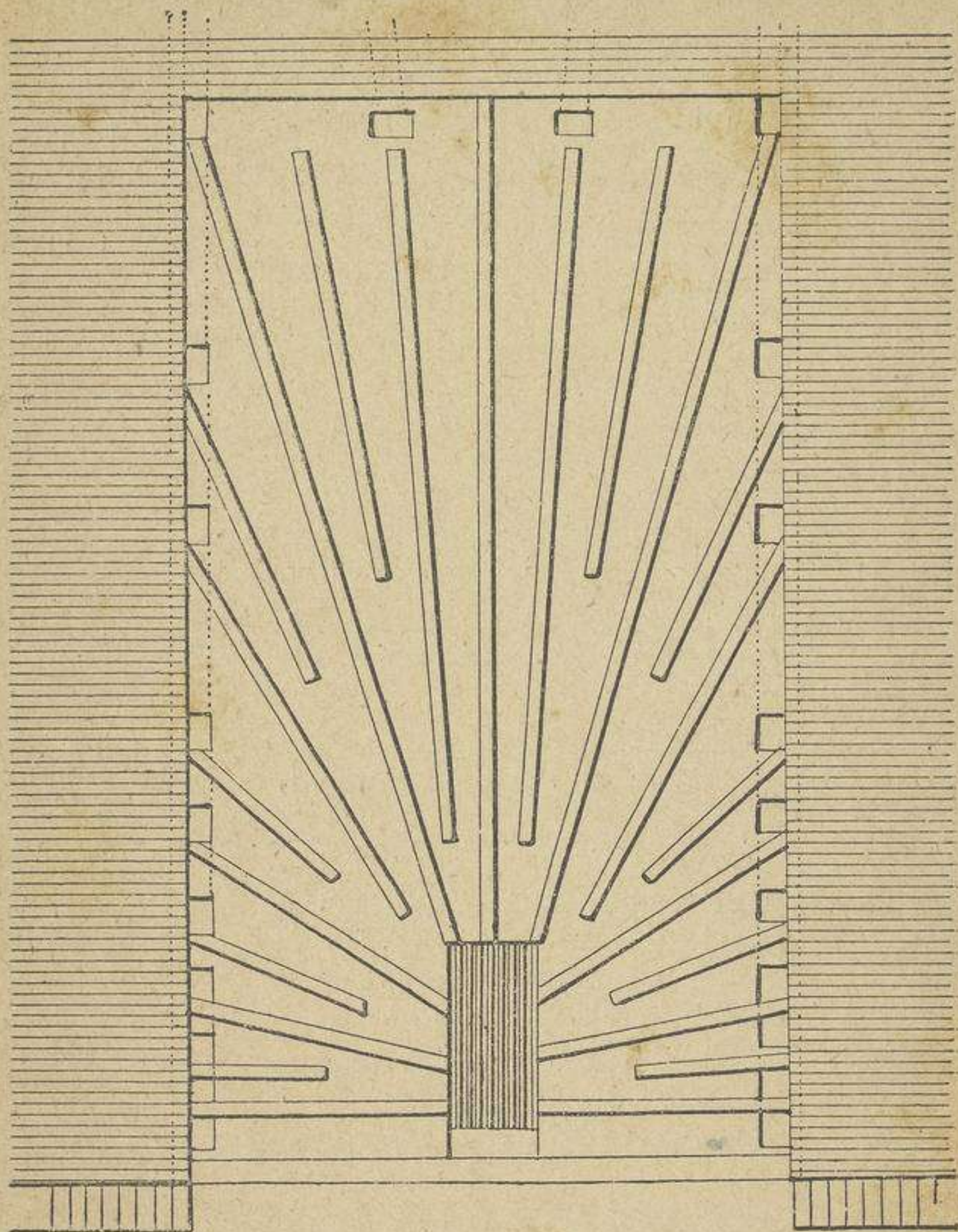


Fig. 18.—Horno de espacios radiados.

feccionamiento se hace que las calderas duren doce años en el servicio corriente.

La calefacción debe ser regular sobre toda la extensión del fondo, y esta cuestión debe estudiarse con el mayor cuidado, dada la considerable cantidad de combustible gastado, cuyo va-

lor pesa sobre el precio de obtención de la sal. Los tipos de hogares son muy numerosos y variables con los países y combustibles. En ellos se quema leña, turba, lignitos y hulla, regulando estas diversas sustancias las dimensiones de la parrilla de combustión con relación á todo el hogar.

Cuando se emplea leña en los países en que este combustible es barato, se puede usar una disposición muy sencilla. No hay debajo de toda la caldera más que un solo espacio de paredes oblicuamente realzadas. Merced á un tiro muy pequeño la llama toca la superficie del fondo, á pesar de la gran altura media del espacio.

Estas calderas, adoptadas en Baviera, en que la leña es abundante, produce en igual superficie mayor cantidad de sal que las otras.

Una disposición un poco más complicada es aquella en que el espacio está dividido por tabiques radiados de diversa longitud, formándose así canales incompletos donde el calor se reparte muy bien; pero los gases son arrastrados con bastante rapidez, de donde resulta una utilización muy incompleta si no se aprovechan para la desecación de la sal.

Un perfeccionamiento consiste en emplear cuadrados paralelos que comunican por sus extremidades y están formando como un solo tubo varias veces doblado. Se calienta, por ejemplo, con dos hogares, y después de tres circuitos bajo la caldera, los gases se desprenden por dos pequeñas chimeneas bajo los desecadores de la sal. Este sistema, aplicado en Schonebeck, utiliza mejor el calor, aunque produce una temperatura menos uniforme que el precedente.

Para hacer los vapores producidos más fáciles de separar se recubren las estufas, así dispuestas, de una canasta de tablones terminada en una chimenea de tiro. Si la ventilación se hiciera al aire libre, los vapores podrían condensarse y caer nuevamente sobre la caldera. Pero es preciso no dar á la chimenea un tiro muy grande, porque se produciría una entrada de aire exagerada y una pérdida considerable de calor.

Para aliviar á la caldera del peso considerable se la suspende ordinariamente de la armadura por tirantes de hierro. El espacio comprendido entre sus bordes y la caldera está ocupado por ventanas que se abren por chimeneas ó resbalan lateralmente, de modo que permiten que los obreros lleguen á todos los puntos. No se abren cuando se opera á la ebullición sino para sacar la

sal, estando por el contrario un poco elevadas cuando se trabaja por evaporación.

Para evitar el inconveniente resultante de la condensación de los vapores, que vuelven á caer en la caldera, se coloca lateralmente la chimenea. También se ha ensayado el calentar sola-

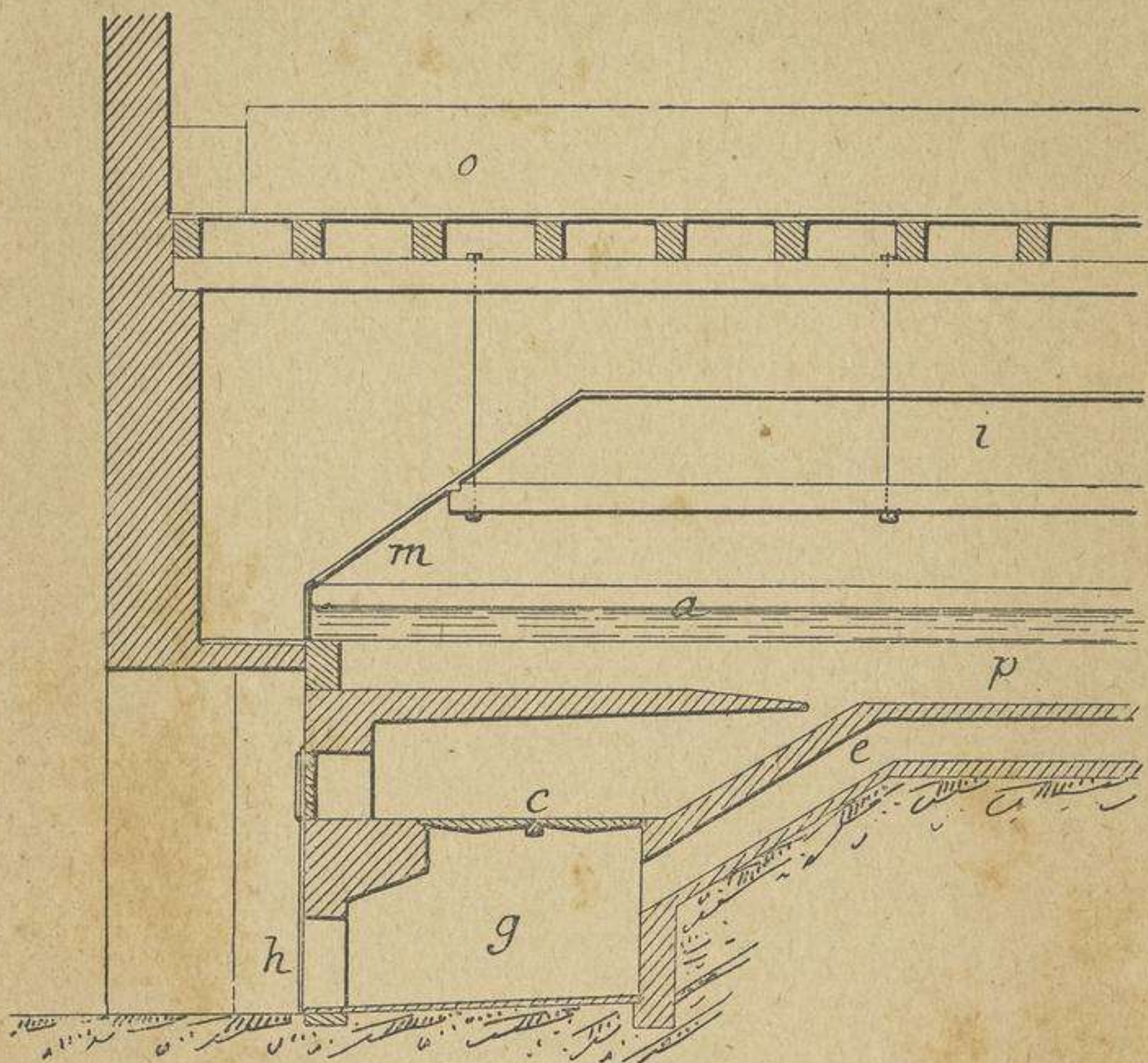


Fig. 19. — Caldera Hotte (corte transversal).

mente la superficie del líquido, único sitio en que se produce la cristalización, procedimiento que permitiría una mayor duración del fondo de las calderas, y además se arrastrarían rápidamente los vapores, pero presenta dos grandes inconvenientes que impiden su adopción. Obliga á construir una bóveda sobre toda la extensión de la caldera, lo que entorpece bastante el trabajo y ensucia el líquido con hollín, razón por la que no se ha adoptado ni aun para la evaporación preparatoria, que precede á la cristalización en bastantes fábricas.

Los procedimientos generales que acabamos de indicar se siguen sin grandes modificaciones en la mayor parte de las fábricas de Europa, y las variaciones que sufren proceden de hábitos locales.

Bastantes salineros agregan á la solución salada cierta cantidad de sangre de vaca cuando comienza á hervir. El empleo de esta sustancia se explica por las materias albuminoides que contiene, y que acelera la separación de la espuma al coagularse. Es el mismo principio del encolado de los vinos, en que la albúmina procede, no de la sangre, sino de huevos, y sabido es que la sangre de vaca se usa también como clarificante en las refinerías de azúcar.

El sulfato doble de cal y sosa insoluble, que se deposita á consecuencia de la evaporación, se separa ordinariamente con una larga paleta y coloca en pequeños canalones de palastro agujereados y colocados encima de la caldera. De este modo la pequeña cantidad de sal que arrastra es disuelta por los vapores y vuelve á caer en la caldera.

La alimentación de la caldera puede ser intermitente ó continua; empleándose por regla general este último método para la obtención de la sal fina, manteniéndose constante el nivel de la caldera por un chorrito de agua. Otras veces se agrega al cabo de quince ó veinte horas nueva agua salada para reemplazar la evaporada, siendo por tanto preciso proceder á una nueva operación, que dura de ocho á diez horas.

Rara vez las aguas así concentradas son bastante puras para que la evaporación y cristalización se pueda hacer en la misma caldera, como se practica en Gouhenans. En la Alta Saona, por ejemplo, se trasvasa el líquido purificado y privado del sulfato doble de cal y sosa á una segunda caldera, donde tiene lugar la cristalización, que dura varios días. Al final de la operación se forma un depósito que se adhiere al fondo á consecuencia de la necesidad de no interrumpir la cristalización; al cabo de 12 á 15 cocciones este depósito es bastante grueso para hacer la caldera mala conductora del calor y producir sobresaltos durante la evaporación. Sepárase entonces con buril, no sin perjuicio para la caldera.

En las salinas del Este de Francia las tres variedades de sal, fina, mediana y gruesa, se obtienen todas por evaporación, haciendo variar, como hemos dicho, la temperatura y duración de la estancia de los cristales en el agua madre.

La operación es intermitente, y una vez cargada la caldera se mantiene constante la temperatura, de modo que se obtenga una evaporación muy regular, cerrando para ello cuidadosamente las ventanas móviles que ocupan el espacio entre la caldera y la canasta. Una vez terminada la cocción se retira la sal por medio de un largo rastrillo sobre los bordes de la estufa, y después se extrae por medio de palas agujereadas.

En Montmorot la sal extrafina se obtiene también por evaporación á una temperatura de 85°, sustituyendo la agitación que produce la ebullición por el procedimiento llamado de espatulaje, en el que el obrero, armado de una especie de rama aplastada, golpea tangencialmente la superficie, como se hace con una piedra que se quiere rebotar sobre el agua. Se produce una capa delgada que se proyecta en el aire, y vuelve á caer bajo la forma de lluvia sobre el líquido, de modo que los cristales pequeños son inmediatamente arrastrados al fondo, recogiendo continuamente esta variedad de sal con el rastrillo y la pala.

En Austria se vende la sal en panes ó trozos piramidales ó cónicos, muy duros y muy secos, debido á que esta sal, á más de desecada, hase calentado en estufas especiales á la temperatura de fusión del plomo, por lo que se obtiene un producto calcinado que puede estar parcialmente descompuesto.

En ciertas localidades se fabrica, cuando se pide, una sal muy ligera, destinada á los contratos en que se vende, no al peso, sino á volumen. Se obtiene clarificando los líquidos con clara de huevo y dejando los cristales en contacto con el agua madre, que no se retira. Esta variedad se fabrica en algunas salinas de los Bajos Pirineos.

En Inglaterra se usan generalmente calderas cuadradas, en las que se quiere obtener, por evaporación rápida, una sal muy fina, que se moldea en panes cúbicos comprimidos, cuyo uso es muy frecuente en Inglaterra. El calor perdido de las calderas se emplea en calentar ligeramente otras, en que se obtiene sal en cristales grandes y de calidad inferior. Obtienen además otro producto llamado *panscale*, que está constituido por las costras muy impuras que se adhieren á las paredes de las calderas.

El fin de la temporada salinera está indicado, en la mayor parte de las fábricas, por la necesidad de descortezar las estufas, y también por la concentración que adquieren las aguas madres cuando la fabricación es continua.

En Gouhenans, en donde la duración de la temporada es de tres á cuatro semanas, se hace á las estufas producir sucesivamente todas las clases de sales, comenzando por las más finas. La gran pureza de las aguas no hace precisa la trasvasación á varias calderas.

En Montmorot, la estufa de sal superfina, en que por la agitación constante las incrustaciones se hacen difícilmente, puede funcionar por espacio de seis semanas; pero para las otras la temporada apenas es de un mes, y puede descender hasta diez días para las estufas en que la duración de la cocción es muy corta.

Se puede observar que en el método de obtención de la sal que acabamos de estudiar el vapor de las calderas es separado por las chimeneas de tiro; pero este agua así transformada en vapor ha consumido una gran cantidad de calor, puesto que para 100 kilos de sal es preciso evaporar de 300 á 350 kilos de agua. Como el gasto mayor de esta industria es causado por el combustible, es evidente que sería de gran interés el poder recuperar este calor, disipado en pura pérdida, por lo que se han hecho numerosas tentativas con este objeto.

En la fábrica de Rottenmünster, en Wurtemberg, el vapor procedente de las calderas de concentración se envía bajo un gran depósito que contiene la solución que se va á tratar. El vapor se condensa sobre el fondo del depósito y le calienta. Como está colocado directamente encima de las calderas, el vapor condensado podría caer sobre ellas; evítase esto recibéndolo en dos techos de palastro, provistos de contrajunturas que lo reúnen, formando una reguera por donde el agua se vierte al exterior.

Una disposición análoga se usa también en una fábrica de Wurtemberg, y consiste en conducir, por medio de un gran canal de medio metro cuadrado de sección, el vapor bajo dos estufas de 11 metros cuadrados cada una, que son de construcción especial, consistente en un enlosado de piedras litográficas que en sus bordes tienen ranuras en que se encasquetan planchas formando rebordes, estando reunidas las piedras entre sí por un cemento graso de cal.

En ciertas salinas del Jura se emplean calderas cilíndricas cerradas, y el vapor formado es condensado á medida que se forma en un refrigerante tubular rodeado por el agua salada que luego se va á evaporar. Una hélice que engrana con una cadena de cangilones arrastra la sal depositada.

Estos primeros ensayos, aunque muy racionales, no permiten

emplear el vapor para hacer hervir la solución, porque ésta, en vez de hervir como el agua ordinaria á 100°, lo hace á 108°, y el vapor que se desprende de las calderas á la presión ordinaria, no teniendo más que 100°, produce una evaporación mucho menor que la que se produce por ebullición.

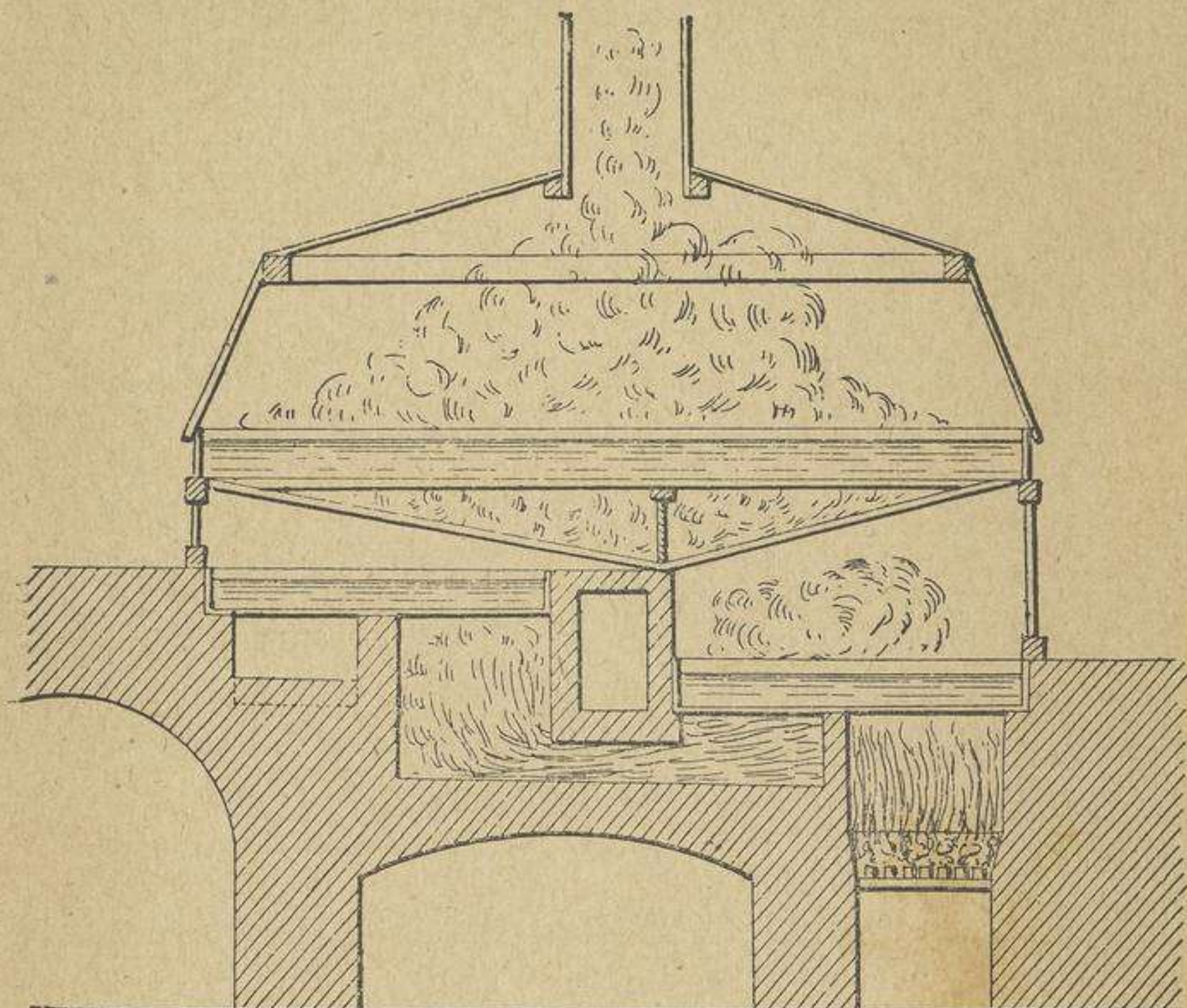


Fig. 20.— Estufa de sal de Rottenmünster.

Se ha tratado de hacer producir al vapor el máximo de efecto útil por un procedimiento muy ingenioso, indicado ya en 1840 por Pelletan, sin haber recibido aplicación práctica. Una disolución caliente de sal rodea un condensador, al que llega vapor procedente de una caldera, y previamente comprimido por el trabajo mecánico de un salto de agua, por ejemplo, este vapor, al llegar al condensador, cede su calor á la disolución que le rodea y se transforma en agua, que sirve para recalentar la solución de que se alimenta la caldera.

Pero esta caldera, por la acción del calor que recibe, emite á

su vez vapores que igualmente se pueden comprimir, condensar, etcétera, bastando, por tanto, calentar una vez sólo la disolución. Alimentando gradualmente y suministrando el trabajo mecánico, la operación se continúa indefinidamente sin otra calefacción. Este sistema, experimentado en Viena, produjo una decepción, pues la evaporación era, para la misma cantidad de combustible, hasta cinco veces mayor que en las estufas ordinarias, pero la sal se transformaba en costras, y cuando se abrían las llaves de extracción se observaba que no salía sal, sino únicamente agua salada.

Ultimamente Piccard, Weibel y Briquet y comp.^a han resuelto la cuestión, y aunque su aparato no se ha generalizado, sus excelentes resultados nos obligan á describirlo sumariamente.

En el aparato precedente, el condensador estaba colocado en la caldera y la sal se aglomeraba poco á poco. En el aparato Piccard, el condensador es distinto y la sal se precipita sin adherirse á las paredes.

Una gran caldera cilíndrica contiene la solución saturada. En el interior hay una hélice sobre un árbol central y dos tubos, uno de llegada y otro de salida. En su parte inferior se encuentra un gran tubo vertical, provisto de dos cajones superpuestos que se mueven con la mano y están separados uno de otro por un intervalo bastante grande. Un tubo del mismo diámetro, inclinado 45°, termina el tubo vertical que está abierto en su extremidad superior, y el agua, aunque á un nivel muy inferior al de la caldera, se mantiene en él cuando los cajones de la porción vertical están ambos cerrados.

Al lado se encuentra un recalentador que está lleno del agua salada de la caldera y contiene en el interior un condensador tubular de gran superficie, alimentado á 120°, que se conduce á esta temperatura por la acción de un compresor que la toma en el momento en que sale á 100° de la gran caldera. El trabajo mecánico de la máquina se transforma así en calor, y el vapor, al pasar de 100 á 120°, pasa de una atmósfera á dos.

Se sabe que esta transformación del trabajo mecánico en calor y recíprocamente es un hecho absolutamente general; basta recordar que un trozo de hierro que se golpea, se lima ó agujerea se calienta lo mismo que la herramienta que se tiene en la mano. En el caso presente ocurre luego el fenómeno inverso, puesto que el vapor á 120° va á restituir el calor que ha tomado del trabajo y emplearlo en calentar la solución que le rodea.

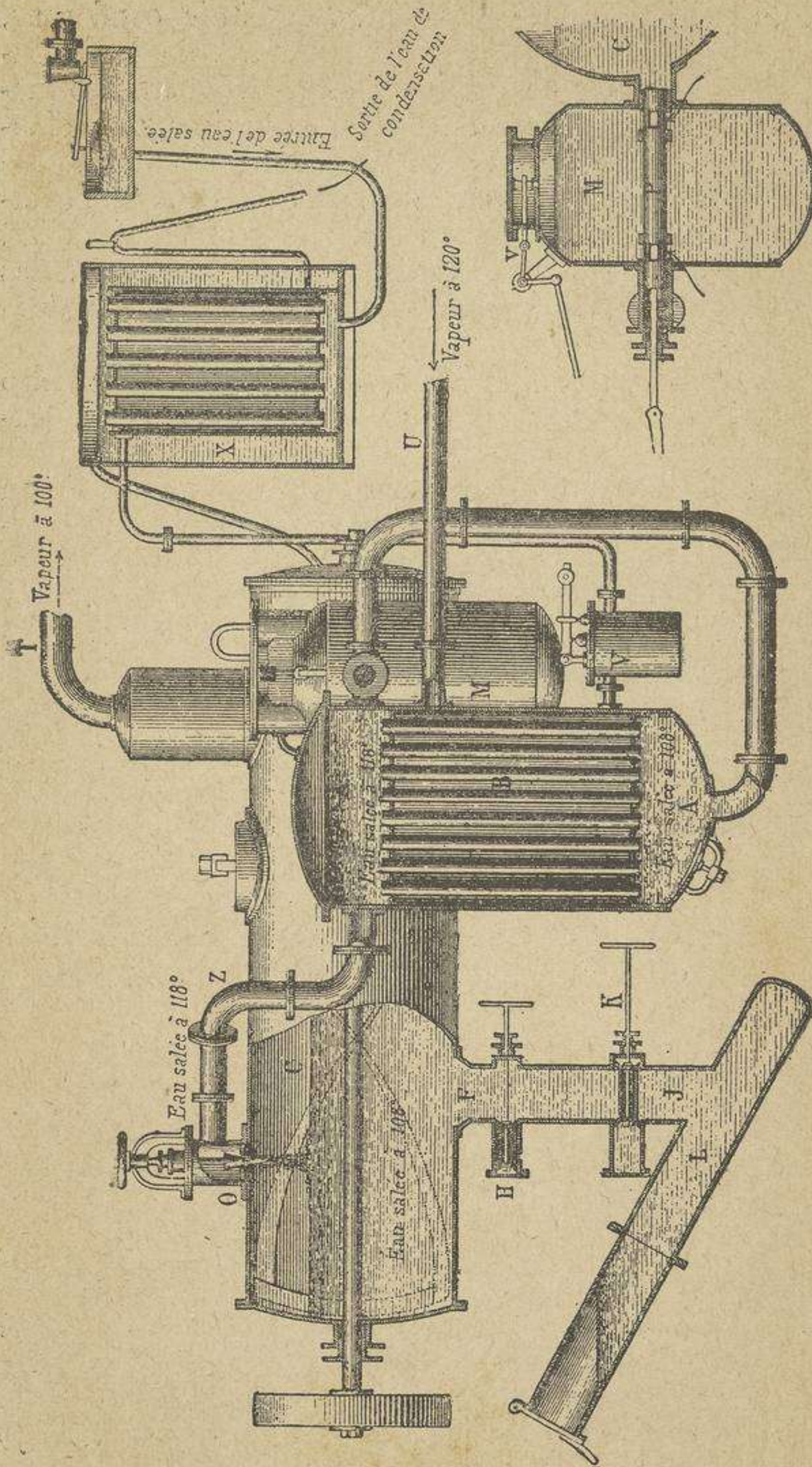


Fig. 21.— Aparato Piccard.

EXPLICACION: Eau salée á, agua salada á.—Vapeur á, vapor á.—Entrée de l'eau salée, entrada del agua salada.
Sortie de l'eau de condensation, salida del agua de condensación.

La operación marcha del siguiente modo: Comiézase por calentar de una vez para todas el agua de la caldera á 108°, punto de ebullición de la solución que se evapora; llénase entonces el recalentador con esta solución caliente, operación que se hace por el intermedio de un vaso cilíndrico que lleva transversalmente, á mitad de su altura, un cajón que en una de sus posiciones comunica con la caldera y en la otra con el recalentador, y como un segundo cajón asegura al mismo tiempo la comunicación con el vapor de los dos vasos, pasa al recalentador y no puede después efectuar el camino inverso.

Hácese llegar entonces el vapor á 120°. El agua del recalentador, por su influencia, toma la misma temperatura, prácticamente 118°; el vapor enfriado sale por un purgador automático y circula por un serpentín rodeado del agua salada de alimentación, y le cede el resto de su calor, de tal modo que llega á la caldera á 108° sin necesidad de otra calefacción.

El agua del recalentador, por la presión del vapor que está sobre ella, se vuelve otra vez á la presión con que llega, como hemos dicho, á 108°, pero el orificio de llegada está estrechado por medio de un cono metálico, de modo que bajo la presión el agua se pulveriza. Al mismo tiempo, llegando á una atmósfera á 100°, en que la presión es bastante menor, el agua sobrecalentada tiende á ponerse en equilibrio de presión y temperatura, emitiendo entonces una gran cantidad de vapores muy bruscamente, y se precipita una cantidad de sal correspondiente á la que tenía en disolución el agua vaporizada. Esta sal, de una tenuidad extrema, atraviesa lentamente la caldera donde se nutren sus cristales, y cuando llega al fondo es cogida por las paletas de la hélice, que la arrastran al tubo vertical, desde donde cae sobre el segundo cajón. Una vez que está reunida se abre este cajón, después de haber interrumpido previamente toda comunicación con la caldera cerrando el cajón superior. La sal cae así en la porción inclinada del tubo grueso, donde se pesca.

El ciclo de operaciones que hemos descrito se continúa indefinidamente; el agua pasa de la caldera al recalentador y vuelve al punto de partida, y la sal depositada es reemplazada por nueva agua de alimentación. El vapor de la caldera pasa al condensador, se condensa y vuelve á través del purgador á recalentar el agua de alimentación; como se ve, esta marcha puede continuarse indefinidamente, con la condición de dar, de una vez para siempre, la temperatura de 118° al agua de la caldera, y tener á

disposición una fuerza mecánica suficiente para comprimir el vapor.

En realidad siempre hay pérdida de calor, y es preciso suplirle por un aumento de fuerza mecánica. Cuando se toma esta fuerza de un salto de agua ó de una corriente, manantiales que son los más económicos, en el caso en que la fuerza motriz es débil, es necesario suministrar un poco de calor suplementario, tomado de un generador de vapor.

Para 1.000 toneladas de sal el gasto teórico sería de 12 caballos de vapor, pero en la práctica se necesitan 30. En estas condiciones, 1 kilogramo de hulla quemada produce dos veces y media más sal que en las estufas ordinarias, y el producto es comparable á las mejores sales extrafinas de Lorena.

En Suiza y en Nancy se han instalado aparatos de este género que funcionan perfectamente sin carbón.

Una vez obtenida la sal, es preciso hacerla sufrir una nueva operación, el enjugado. Para esto se usan cestas cónicas ó de tablas inclinadas, de modo que las aguas madres vuelvan á caer á las calderas. Otras veces se lava con aguas concentradas hirviendo, y luego se deposita sobre tablas largas ó sobre las canastas de las calderas.

Este enjugado debe ser seguido de la desecación.

Esta operación no ofrecería dificultad alguna si la sal fuera pura, y podría terminarse, ya en las calderas, ya en los almacenes. Estos son grandes habitaciones de tablas dispuestas de modo que las últimas operaciones con la sal sean muy fáciles; se vierte por la parte superior por medio de un pequeño puente transversal, y se retira por la inferior para expenderla. Un perfeccionamiento consiste en disponer estas cámaras con dobles paredes, para que entre ellas circule el aire.

Pero cuando la sal está mezclada con cloruros delicuescentes se seca mal y necesita estufas. Estas se calientan por hogares especiales ó por calderas. Esta última disposición, que utiliza mejor el calor, parece la más racional, y sin embargo con frecuencia se prefiere emplear en la calefacción de la caldera todo el poder del combustible; la experiencia ha demostrado en Austria que, por querer sacar provecho de los gases calientes del hogar, se gastaría por poco tanto carbón como calentando directamente las estufas.

También se utilizan los vapores de las calderas, que se hacen circular en grandes espacios colocados debajo de las losas don-

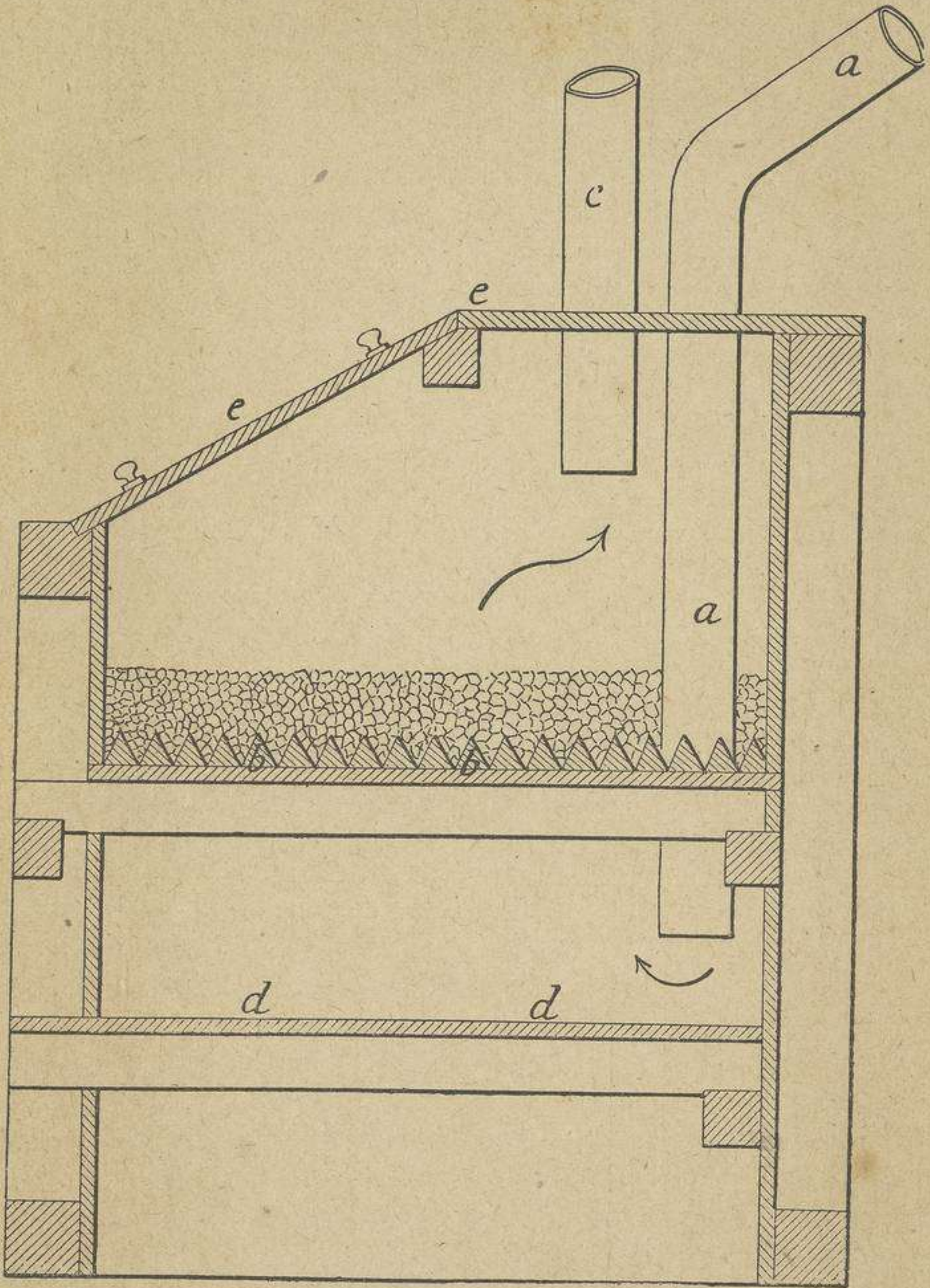


Fig. 22.—Estufa de sal de Herschell.

de se pone la sal y se remueve para que se deseque. El agua procedente de la condensación de los vapores se vierte por una re-
guera.

También se han construído estufas completamente cerradas, donde la sal dispuesta sobre una parrilla se seca por aire caliente que llega por debajo, en tanto que el aire húmedo se escapa por arriba.

Una vez obtenida la sal, quedan en las calderas las aguas madres, que algunas veces se utilizan.

En el capítulo siguiente trataremos de la industria de las aguas madres procedentes de las salinas del Mediodía de Francia y de las sales de Stassfurt.

• La producción de las salinas de Lorena en 1887 ha sido de 136.000 toneladas. La de las salinas de Doubs, Montmorot, Salins, Arc, Gouhenans y Chatillón ha pasado de 35.000 toneladas.

En los cuadros siguientes damos la composición de varias sales dadas al comercio y procedentes de las salinas de costa ó de yacimientos geológicos.

ANÁLISIS DE DIVERSAS SALES MARINAS

	MEDIODÍA de Francia según la calidad.	OESTE		PORTUGAL según la calidad.	ITALIA	SIBERIA por congelación.
		Refinada.	Bruta.			
Cloruro sódico	97 á 91	97,20	86,65	96,5 á 80	96,5	77,6
— potásico	á veces indicios	»	»	»	»	»
— magnésico	0,100 á 1,3	0,04	0,95	0 á 0,32	0,50	1,66
— cálcico	»	»	»	»	»	0,94
Sulfato magnésico	0,2 á 0,6	0,09	0,35	0,25 á 6,69	0,51	»
— sódico	»	»	»	»	»	13,6
— cálcico	1,1 á 0,4	0,28	1,05	0,88 á 3	0,45	»
Agua	2 á 4	2 á 3	8	»	»	»
Residuo insoluble	0,05 á 0,03	0,10	0,44	0,10 á 1,2	0,07	6,20

Las sales en que no se indica el agua habían sido desecadas para el análisis

CAPÍTULO VIII

Aguas madres de las salinas del Mediodía.

Ya hemos visto que en la industria salinífera del Oeste de Francia las aguas madres de que se obtiene la sal común se pierden ó todo lo más se utilizan para activar la cristalización de la sal. Además, la extrema división de las salinas hace casi imposible toda tentativa de tratamiento industrial. Pero no ocurre lo mismo en el Mediodía, donde, como hemos visto, la industria de la sal está concentrada en manos de algunas compañías poderosas.

El interés económico que presentaban las aguas madres inutilizadas no se les escapó, y más teniendo en cuenta que ya habían sido explotadas con fruto por Balard. Se sabe que este ilustre químico descubrió en estas aguas madres el iodo y el bromo, líquido rojo muy denso, cuyos vapores son peligrosos de respirar y que utiliza la industria en gran cantidad, sobre todo para la fotografía, y la medicina. Al mismo tiempo, Balard se ocupó durante veinte años de la extracción de la potasa y del sulfato sódico que se dejan perder en las aguas madres, y sus procedimientos, perfeccionados por los industriales del Mediodía, resultaron plenamente confirmados y fundaron una importante industria, hasta que el descubrimiento de los inagotables yacimientos de Stassfurt la arruinó casi completamente, ó al menos la redujo á proporciones muy pequeñas.

El agua madre se considera como tal cuando marca $32^{\circ},5$ con el areómetro. Evaporándola en vasijas especiales deposita, mientras se concentra á 35° , una mezcla de cloruro sódico y sulfato magnésico, que se llama sal mixta. El primero se deposita sobre todo durante el día, y el segundo durante la noche, por el enfriamiento, porque á la inversa que el cloruro sódico, no es tan soluble en frío como en caliente; de esto resultan capas alternativas de las dos sales, y el sulfato magnésico es tanto más abundante cuanto más frías son las noches.

Si se quiere disolver en agua esta mezcla cristalina, y se expone la solución á la acción del frío en invierno, ocurre un curioso fenómeno, cual es que las dos sales se descomponen dando cloruro magnésico y sulfato sódico; pero esta reacción no tiene efecto sino á temperatura inferior á 0°, por ser ambas sales solubles. El sulfato sódico es insoluble en agua á temperatura menor de 0°, y esta particularidad destruye el equilibrio de la solución mixta y determina el depósito del sulfato sódico, que puede retirarse en estado de pureza. Una vez que el agua madre ha depositado la sal mixta que sirve para producir el sulfato sódico, contiene todavía las sales de potasa, que se pueden extraer por varios procedimientos.

Balard sometía este agua á la acción de una temperatura de 6° durante el invierno, con lo que deposita su sulfato magnésico, y al estío siguiente da por concentración cloruro doble potásico y magnésico, idéntico á la carnalita de Stassfurt. Este cloruro, disuelto en agua y sometido á la cristalización, deja cloruro potásico casi puro y las aguas madres retienen cloruro magnésico.

Este es el método llamado de las aguas á 35°. El método de las sales de verano consiste en continuar directamente al sol la evaporación de las aguas después de haber depositado la sal mixta. Entre 35 y 38° se produce un depósito bastante complejo, llamado *sal de estío*. Así se obtiene toda la potasa, primero en estado de sulfato doble y luego de cloruro potásico y magnésico. La primera sal doble puede separarse por cristalización, pero tiene mezclada sal magnésica, y á más de este inconveniente sólo se obtiene la mitad de la potasa.

Este primer método fué aplicado primero en la salina de Bagnas, cerca de Cette. El sulfato doble potásico y magnésico se empleaba directamente en la fabricación del sulfato potásico, y la mezcla de la sal de estío bruta con sulfato aluminico se transformaba en alumbre, que como se sabe es sulfato doble aluminico potásico. Esta era la industria principal de Bagnas, donde el suelo, muy impermeable, se prestaba muy bien á la extracción de la sal de estío; pero como poco á poco se sustituyó el alumbre por el alumbre amónico en los usos industriales, y tomaba cada vez un valor creciente el cloruro potásico, el método de las aguas á 35° suplantó completamente al primero, que suministra en estado de cloruro toda la potasa de las aguas madres.

Fué experimentado en las salinas de Berre y de Rassuen, en

1848-49, siendo objeto de experiencias minuciosas en un Congreso efectuado en Marsella estableciendo las reglas que deben seguirse, los gastos de instalación y el valor de los productos que se podían obtener. Se instaló en el estanque de Berre en 1851, y no se tardó en ver sus grandes inconvenientes. Si se obtenía en gran cantidad sulfato magnésico puro, se producía una considerable pérdida de sal potásica, por la gran permeabilidad del suelo, tanto más sensible cuanto que tenía lugar en las aguas más concentradas, y como el sulfato magnésico tiene fácil salida y el cloruro potásico vale hasta 60 francos tonelada, el valor de los productos vendidos compensaba suficientemente las pérdidas.

La extensa salina de Peccais, explotada por la Sociedad Renouard, y la salina de Giraud, que mide más de 1.000 hectáreas, se dispusieron para el empleo de este método productivo, pero que se encuentra siempre detenido por el gran inconveniente de las pérdidas por infiltración. La invención de las máquinas Carré sugirió entonces á Merle y Leval, ingenieros de la salina de Giraud, la idea de emplear el frío artificial. En efecto, el sulfato sódico puede extraerse, no sólo de las aguas madres que han depositado la sal mixta, sino también de las aguas menos concentradas primitivas y aun del agua del mar concentrada á 25° Baumé, bastando para ello disminuir convenientemente su temperatura; pero para hacer fructuosa la operación es conveniente operar sólo sobre aguas medianamente concentradas, pues las de 25° exigen un frío considerable para un rendimiento bastante pequeño. Merle fijó en 28° el límite de concentración de las aguas madres después de haber precipitado la sal común, y de aquí el nombre del nuevo método.

Procedentes de los tableros salantes, estas aguas de 28° Baumé se guardan en grandes depósitos, donde permanecen durante toda la temporada salinífera y de donde se van tomando á medida que se necesitan. Por medio de una máquina Carré se someten á una temperatura de 18°, con lo que abandonan una gran cantidad de sulfato sódico, que se deja escurrir para obtenerle puro.

Después las aguas pasan á calderas en que se concentran por el calor hasta que marcan 36°, con lo que depositan cloruro sódico muy fino, que se vende muy bien por su ligereza y gran pureza. Ultimamente se conducen á cristalizadores, donde por enfriamiento se deposita el cloruro doble potásico magnésico, manantial de potasa, pues por la acción del agua fría se disuelve única-

mente el primer cloruro. El cloruro potásico así separado se purifica simplemente pasándolo por una enjugadora. Este método es ventajoso en cuanto que es independiente de la temperatura exterior, y las aguas de 28° se obtienen fácilmente en abundancia haciendo despreciables las pérdidas por infiltración; pero en cambio presenta el gran inconveniente del consumo de combustible, y cuando el mercado se inundó de la potasa de Stassfurt á 25 francos la tonelada, la industria de las aguas madres decayó y fué amenazada de ruina total. Peccais renunció á la instalación proyectada; Berre continuó la antigua industria de las sales de estío que encontraban usos agrícolas, y únicamente Merle persistió en la salina de Giraud con una tenacidad increíble. Como el método de las aguas á 28° era inaplicable, fué preciso idear otro, con tanta mayor razón cuanto que el de las aguas á 35° era incierto y presentaba, como hemos dicho, grandes pérdidas. Lo que se hizo fué combinar los dos métodos, conservando las aguas á 35° y aplicándolas los procedimientos continuos y seguros del método á 28°. Además se establecieron 50 hectáreas de suelo bien golpeado y apisonado y 16 de suelo cementado. Esta magnífica lucha contra la concurrencia de la industria alemana fué recompensada, y la industria de las aguas madres pudo funcionar en condiciones favorables.

Las aguas al salir de los tableros ordinarios sólo marcan 27°, y pasan por los del suelo apisonado y luego por los del suelo cementado. De 32°,5 á 35° depositan sal mixta que se recoge, y las aguas á 35° se conducen finalmente á grandes depósitos impermeables, cada uno de los que puede contener 250.000 hectolitros.

La sal mixta se disuelve, y la disolución, sometida á la acción del frío artificial hasta — 5°, deposita casi por completo su sulfato sódico. Dos máquinas Carré, cuya producción en hielo podría ser de 500 kilos por hora, dan al día 25 á 30 toneladas de sulfato sódico. Las aguas penetran por una extremidad, circulan metódicamente en la cuba en que serpentean los tubos refrigerantes de las máquinas Carré y salen desprovistas del sulfato sódico, después de haber contribuído al enfriamiento de las nuevas porciones de agua que llegan al aparato.

Una draga separa, á medida que se produce, el sulfato sódico, y le hace caer mecánicamente en grandes coladores de palastro, en donde cae gota á gota un chorrito de agua que basta para arrastrar las sales que impurifican el sulfato, obteniéndose éste

así casi químicamente puro muy económicamente, aunque hidratado. Las aguas á 35° que se recogen en los depósitos permanecen en ellos hasta que por los primeros fríos se hayan despojado parcialmente de su sulfato magnésico sin que haya necesidad de arrastrar este depósito hasta el fin, exponiéndolos de nuevo en los tableros, causa principal de las pérdidas de sal potásica en el antiguo método.

Cuando se juzgan apropiadas al tratamiento se las conduce de los depósitos á aparatos de ebullición, donde se concentran hasta 36° Baumé.

Se emplean primero calderas planas rectangulares, análogas á las estufas de los manantiales salados; pero además del considerable gasto de combustible se formaban depósitos incrustantes, que apenas se podían separar y deterioraban rápidamente las calderas. Actualmente la primera evaporación se hace en un aparato llamado horno Porión, en que el calor se utiliza también cuanto es posible, y luego se termina la operación en evaporadores calentados por serpentines de vapor.

Estos son grandes toldos de palastro rectangulares, cuyo fondo es de forma parabólica; de suerte que los depósitos, que se producen en el seno de un líquido en ebullición viva, caen en polvo fino, y por la forma de las paredes no pueden quedarse adheridos á ellas. Cuando llegan al fondo resbalan á lo largo de su curva regular, y en la parte más baja son expulsados por un tornillo sin fin que los conduce hacia una extremidad del aparato, donde una cadena con cangilones los saca de la cavidad en que caen al exterior. Cada uno de los serpentines puede separarse cada seis horas sin interrumpir la operación y sumergirse en agua dulce, donde se le priva de sus incrustaciones. Todas las dificultades están así convenientemente resueltas; las aguas salen con 36° Baumé, y se conducen á cristalizadores donde depositan la sal doble buscada. Para ello hay un juego de serpentines enfriados y colocado en los bancos de cristalización, por el que las aguas circulan metódicamente, y el cloruro doble potásico magnésico que depositan es separado mecánicamente por el mismo artificio del tornillo sin fin y de la draga que le deposita en grandes coladores de palastro.

Sólo queda tratarle por agua fría para obtener el cloruro potásico suficientemente puro para los usos á que se destina después de secarle por medio de una enjugadora.

Una parte se manda al comercio y otra se transforma allí mis-

mo en nitrato. Merle utiliza la mayor parte, transformándole en su fábrica de Salindres en clorato potásico.

Los depósitos procedentes de los evaporadores no se pierden, porque están constituídos por cloruro sódico mezclado con sulfato magnésico anhidro, de modo que se asemejan bastante á la

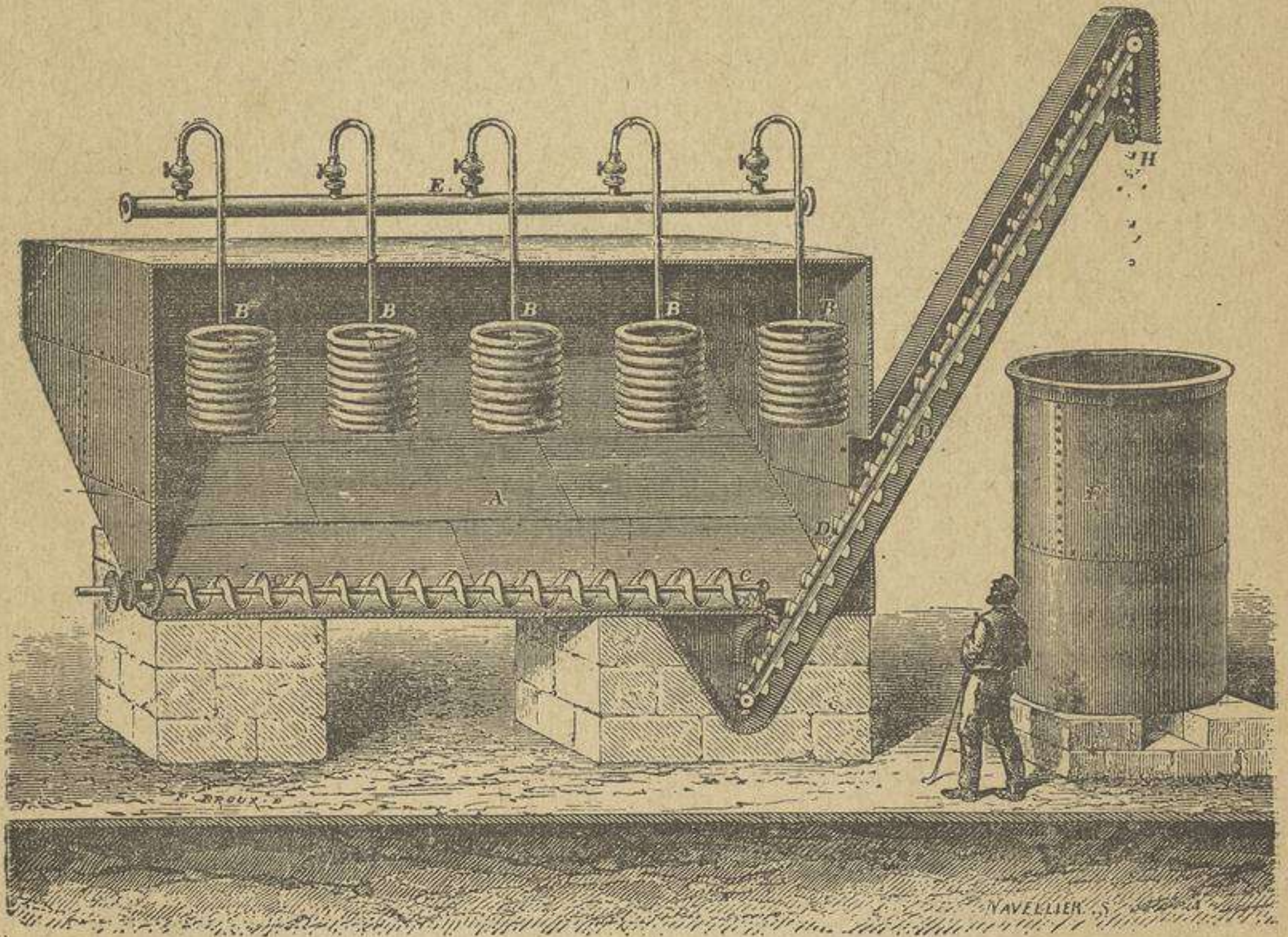


Fig. 23.—Evaporador Merle.

kieserita de Stassfurt. Se transforman en sal mixta agregando sal común. El sulfato magnésico depositado en los grandes depósitos antes de su concentración se trata del mismo modo, y estas diversas sales mixtas se tratan como de ordinario para extraer el sulfato sódico.

Posteriormente Merle ha perfeccionado este método. La solución caliente de agua madre que marca 35° , privada ó no del sulfato magnésico, se mezcla con cloruro potásico hirviendo y en exceso. Instantáneamente el sulfato magnésico y el cloruro sódico se precipitan, en tanto que por cristalización del agua ma-

dre se obtiene la sal doble que se busca. Con esto no hay necesidad de aguardar los fríos del invierno, se simplifica la mano de obra y no se producen durante la evaporación precipitados que ocasionan siempre una pérdida muy apreciable de potasa.

El único inconveniente serio que todavía se opone á la producción económica de la sal potásica, el precio del combustible, se ha reducido del modo siguiente: Las aguas á 35° se evaporan en tableros salantes cementados hasta que marquen 37°, y dan la sal llamada de estío. Esta, que contiene cloruro y sulfato magnésico, difiere de la sal mixta en que contiene casi toda la potasa en estado de sulfato doble potásico magnésico y de cloruro doble potásico magnésico. Estas dos sales no son otras que los productos de Stassfurt llamados kainita y carnalita.

Se disuelve esta sal de estío bruta en agua hirviendo, y por cristalización la kainita se deposita por enfriamiento. El enfriamiento artificial permite extraer el sulfato sódico, y la evaporación la sal común del agua madre restante. Ultimamente se agrega al residuo cloruro magnésico, que permite obtener la carnalita.

Así se está en posesión de toda la potasa. La carnalita se desdobla por el agua fría como ya hemos visto. La kainita no se trata sino para transformarla en sulfato potásico, que todavía contiene un poco de sulfato magnésico.

Hemos visto que el sulfato sódico se extraía en gran cantidad de las aguas madres. Pero esta sal hidratada tiene el grave inconveniente de contener 50 por 100 de su peso de agua, que se transporta en pura pérdida. Es preciso por tanto, para evitar estos enormes gastos de transporte, deshidratarla antes de su empleo industrial.

En 1867, en la salina de Giraud, se colocaba esta sal en cajas rotatorias que circulaban sobre un rail en el interior de una construcción atravesada por los productos de la combustión de un horno de reverbero. El sulfato se fundía en su agua de cristalización; una parte, que se hace anhidro, se hace insoluble en esta misma agua y cae al fondo. Cuando no quedaba más que 7 ú 8 por 100 de agua se retiraba la primera caja y se proseguía el método con otra colocada detrás. La sal desecada se calcinaba luego en el horno de reverbero.

Esta explotación no era precisamente económica. Una tonelada de sulfato anhidro exigía la mitad de su peso de carbón. Los vasos de hierro se inutilizaban muy rápidamente, y el sul-

fato resultaba á un precio más elevado que el obtenido por el ácido sulfúrico y el cloruro sódico, y apenas se empleaba más que para la cristalería fina. Desde 1878, un procedimiento muy práctico, debido á Pechiney y compañía, permite operar en condiciones más económicas. Se ha visto que una cierta cantidad de sulfato sódico anhidro, que no se puede disolver en su agua de cristalización, se precipita en el fondo de las cajas. Pero esta cantidad, que apenas llega al 40 por 100 de la sal total, puede elevarse al 90 por 100 adicionando á la masa fundida otra sal que tenga la misma base ó el mismo ácido que el sulfato sódico. Tan notable resultado se obtiene del siguiente modo: Se calienta por el vapor el sulfato sódico ordinario, adicionado de 20 á 22 por 100 de sal mixta, formada de sal común y sulfato magnésico. Basta calentar á 33° para que toda la sal anhidra se precipite en la masa fundida bajo la forma de granos arenosos, que se prestan muy bien al enjugado por turbina centrífuga. La sal es muy pura y conviene mejor que otras para la fabricación del vidrio blanco. Las aguas madres pueden aprovecharse metiéndolas de nuevo en la fabricación para obtener más sulfato sódico.

Cada tonelada de cloruro potásico extraído de las aguas madres da lugar á la extracción de 10 toneladas de sulfato sódico ó 4 ó 5 de esta sal anhidra. Producido en tan ventajosas condiciones, permitirá que la industria de las aguas madres llegue á alcanzar el desarrollo que parece pudiera esperarse de sus primeros resultados á pesar del concurso de Stassfurt.

Las salinas del Este de Francia producen igualmente cierta cantidad de aguas madres, que aunque generalmente se pierden alguna vez, se utilizan, como ocurre en las salinas de Doubs, donde se ponen en cristalizadores de madera para depositar el sulfato sódico, se concentran por ebullición y se separa sal impurificada por diversas sustancias y cloruro potásico y magnésico (carnalita). El sulfato sódico, obtenido en pequeña proporción, se vende después de purificado como producto farmacéutico. En Salins se remiten las aguas madres al establecimiento termal, y lo mismo ocurre en Salies de Bearn, en los Bajos Pirineos, en donde las aguas madres se guardan en frascos y constituyen una preparación destinada á ciertos baños medicamentosos.

CAPÍTULO IX

Stassfurt.

CALDERAS DE STASSFURT.—APARATOS PARA DESECAR Y CALCINAR.—EVAPORADOR.

Aunque el yacimiento de Stassfurt no tiene por objeto principal la explotación de la sal común, ésta está unida tan íntimamente con los variados productos que en él se encuentran, que nos vemos precisados á exponer algunas consideraciones acerca de este yacimiento. Además, la industria química que se ha desarrollado en esta región es casi única en el mundo por la importancia y variedad de los productos obtenidos.

El golpe mortal que dió á la industria de las aguas madres de las salinas del Mediodía de Francia, colocándose en primer término en la producción de las sales potásicas, así como los innumerables productos que da á la industria en condiciones muy económicas, nos obligan á dar ciertos detalles.

Cuando la administración prusiana comenzó los sondeos en Stassfurt sobre el emplazamiento de los manantiales salados, no tenía otro objeto que la explotación del cloruro sódico, que era preciso importar en grandes cantidades para las necesidades del país. El principado de Anhalt siguió el ejemplo dado, pero la cantidad de sal estaba en enorme desproporción con las necesidades, y falta de mercado, esta industria no estaba en estado próspero, tanto más cuanto que las *abraumsalz* ó sales de escombros, formadas por todos los demás productos que la sal pura, se abandonaban y hacían más onerosa la explotación. El superintendente de las minas, Krug von Nidda, reconoció el valor que se tiraba, y gracias á su actividad y perseverancia se creó poco á poco la colosal industria de Stassfurt, no extrayéndose la sal común sino á medida que se necesitaba, y las sales de escombros se utilizaron primeramente como abono.

Pero pronto se reconoció que la sal común y las sales magnésicas ejercen una acción perjudicial sobre la tierra, y el terreno así *asado* era incapaz de producir durante varios años. A consecuencia de los perseverantes trabajos de von Nidda y la tenacidad inquebrantable de éste y sus colaboradores, se estableció la composición del yacimiento, y no tardaron en multiplicarse las fábricas, hasta llegar á hacer de Stassfurt el actual punto de apogeo de la industria química alemana.

La sal común forma, como hemos visto, el muro del yacimiento, y los 330 metros de pozos no la han atravesado todavía; es bastante homogénea, algunas veces fibrosa en las proximidades de las líneas de dislocación, incolora, gris ó pardo-rojiza. A veces se presenta en cristales azules hojosos, cuyo aspecto es debido á un carburo de hidrógeno. A más de la sal compacta y fibrosa, encuéntrase también una sal granosa, cuyos bancos, bastante pequeños, están coloreados por una gran proporción de cloruro de hierro. Aparte de los restos microscópicos de musgos, la sal contiene frecuentemente burbujas de carburos de hidrógeno, alguna vez en estado líquido bajo una considerable presión, por lo que puede decrepitar cuando se disuelve en agua, porque los gases se ponen en libertad. En 1875 se observó en una de las minas un surtidor gaseoso que dió durante tres meses una llama de 1,50 metros, desprendiendo ácido clorhídrico.

Hemos dicho que la anhidrita entrecruza toda la masa de sal y la hace impropia para los usos domésticos; frecuentemente es bituminosa; tiene á veces cristales de azufre y se encuentran en la superficie de separación de la sal dos minerales raros, un sulfato múltiple que contiene estronciana y un borato de cal y magnesia (hidroboracita).

Aun la sal más pura (*Fordersalz* y *Kritallsalz*) no puede utilizarse para la alimentación, y estas variedades se extraen en pequeña cantidad. Las partes más importantes son: la sal molida para las fábricas, blanca ó común, de la que se extraen cerca de 4.000 toneladas, y la sal para ganados, vendida pura ó desnaturalizada por semillas amargas ú óxido de hierro y carbón.

En la parte superior, la sal, cada vez más cargada de sales amargas y delicuescentes, pasa á la zona de la polialita. Este sulfato complejo de cal, magnesia y potasa, está en pequeñas capas de 2 á 3 centímetros, que presentan el mismo aspecto que las venas de anhidrita gris azulada.

La sal cargada de polialita no tiene usos, y este último com-

puesto, del que se ha querido obtener el sulfato potásico, no se ha utilizado todavía.

La zona de kieserita ó sulfato magnésico, con un equivalente de agua, tiene una potencia de 25 metros. Expuesta al aire, la kieserita amorfa ó cristalizada, semitransparente, absorbe agua y se transforma en un nuevo sulfato con siete equivalentes de agua, ó sea la epsomita. Por la acción del agua la kieserita se hace muy dura, aumenta bastante de volumen y luego se disuelve. Sus capas, que tienen de 3 á 30 centímetros, son menos regulares que las primeras. Se venden á 2,50 francos los 100 kilos, y frecuentemente se manda mezclada con la carnalita.

La zona de este último mineral es la más importante de Stassfurt, en donde se encuentra un gran número de sales. La carnalita, que domina, es un cloruro doble potásico magnésico, de color ordinariamente rojo de ladrillo, á causa de las impurezas que contiene. Es muy soluble, delicuescente en el aire, y está dividida en bancos diversamente coloreados. En presencia de muy poca agua, el cloruro se desdobra exactamente en cloruro potásico de una parte y cloruro magnésico de otra. En mayor cantidad de agua se disuelve, dejando un residuo de óxido de hierro en láminas irisadas. También se encuentra en la carnalita cuarzo, rutilo, boracita, alumbre, piritas, etc.

En 1865 se descubrió en esta zona un nuevo cuerpo que no tardó en tomar importancia como abono potásico, la kainita, combinación de un cloruro y un sulfato. Encuéntrase también la silvina, cloruro potásico puro en nódulos y riñones que pesan hasta 3 kilos, tapizando las hendiduras ó formando estalactitas. La silvina parece proceder del desdoblamiento de la carnalita por la influencia de la humedad.

La estassfurtita es un borato sódico combinado con cloruro magnésico, que se presenta en pequeños cristales cúbicos ó en riñones concrecionados. Muy delicuescente á causa de las sales extrañas que contiene es, cuando pura, casi insoluble en el agua.

La taquidrita es un cloruro doble cálcico magnésico muy delicuescente, muy soluble, amarillento y dispuesto en venas delgadas.

Toda esta zona es objeto de una explotación activa. La carnalita se paga en la mina con arreglo á la cantidad de cloruro potásico que contiene, y los residuos de la elección, que tienen todavía 10 á 15 por 100 de carnalita, se venden á la agricultura.

La kainita, vendida como abono, se emplea tal como es por el

24 por 100 de sulfato potásico que contiene. A veces se extrae esta sal, que se vende á 27 francos los 100 kilos.

También se vende á 2,50 los 100 kilos una mezcla de sal, silvina y kieserita, con el nombre de *hartsalz*. Respecto á la estassfurtita, los obreros tienen una prima de 0,40 á 0,50 francos por kilo presentado, y se vende á 125 francos los 100 kilos.

Además de estos cuerpos se prepara también en Stassfurt un gran número de productos industriales. Se extrae carnalita, cloruro potásico y kieserita artificial, empleada en la preparación industrial de algunos sulfatos. Con 55 por 100 de sulfato magnésico se vende de 2 á 4 francos los 100 kilos. También se extrae de los residuos de la carnalita sulfato de sosa, utilizado en las fábricas de vidrio y de sosa; cloruro magnésico, que además del uso que tiene en la industria de los tejidos y del azúcar sirve para obtener ciertos metales raros, como, por ejemplo, el calcio y el estroncio.

De la kainita se obtiene, como hemos dicho, sulfato potásico, que utilizan las fábricas de alumbre y ciertos vidrios, y carbonato potásico, que emplean la cristalería y fábricas de jabones blandos, y vale 90 francos los 100 kilos.

También en Stassfurt se obtiene ácido bórico y bórax, extraídos de la estassfurtita, y bromo.

Cloruro potásico.—La fabricación del cloruro potásico por la carnalita está fundada en el hecho de que este mineral es más soluble en el agua que el sulfato magnésico y el cloruro sódico. La separación es muy perfecta cuando se emplean cortas cantidades de agua caliente. Obtiénese así una primera calidad de cloruro potásico puro que se separa. Concentrando las aguas madres se separa una gran parte de cloruro sódico, así como un sulfato doble de potasio y magnesio. El líquido restante, filtrado y evaporado, da un nuevo cloruro potásico, ó si el mineral primitivo era rico en compuestos magnésicos, una especie de carnalita artificial. Repitiendo con ésta el tratamiento por el agua caliente, se acaba por extraer el resto de cloruro potásico, excepto 1 ó 2 por 100.

Por tanto se obtiene la serie de productos siguientes:

1.º Residuo de las calderas de disolución, formado por sulfato magnésico y cloruro sódico.

2.º Cloruro potásico de primera calidad, que contiene 80 á 85 por 100.

3.º Sales procedentes de la primer agua madre.

4.º Cloruro potásico de la carnalita artificial, que contiene hasta 90 á 98 por 100.

5.º Agua madre.

Los bloques extraídos de la mina se contunden después de haber separado á la mano la stassfurtita.

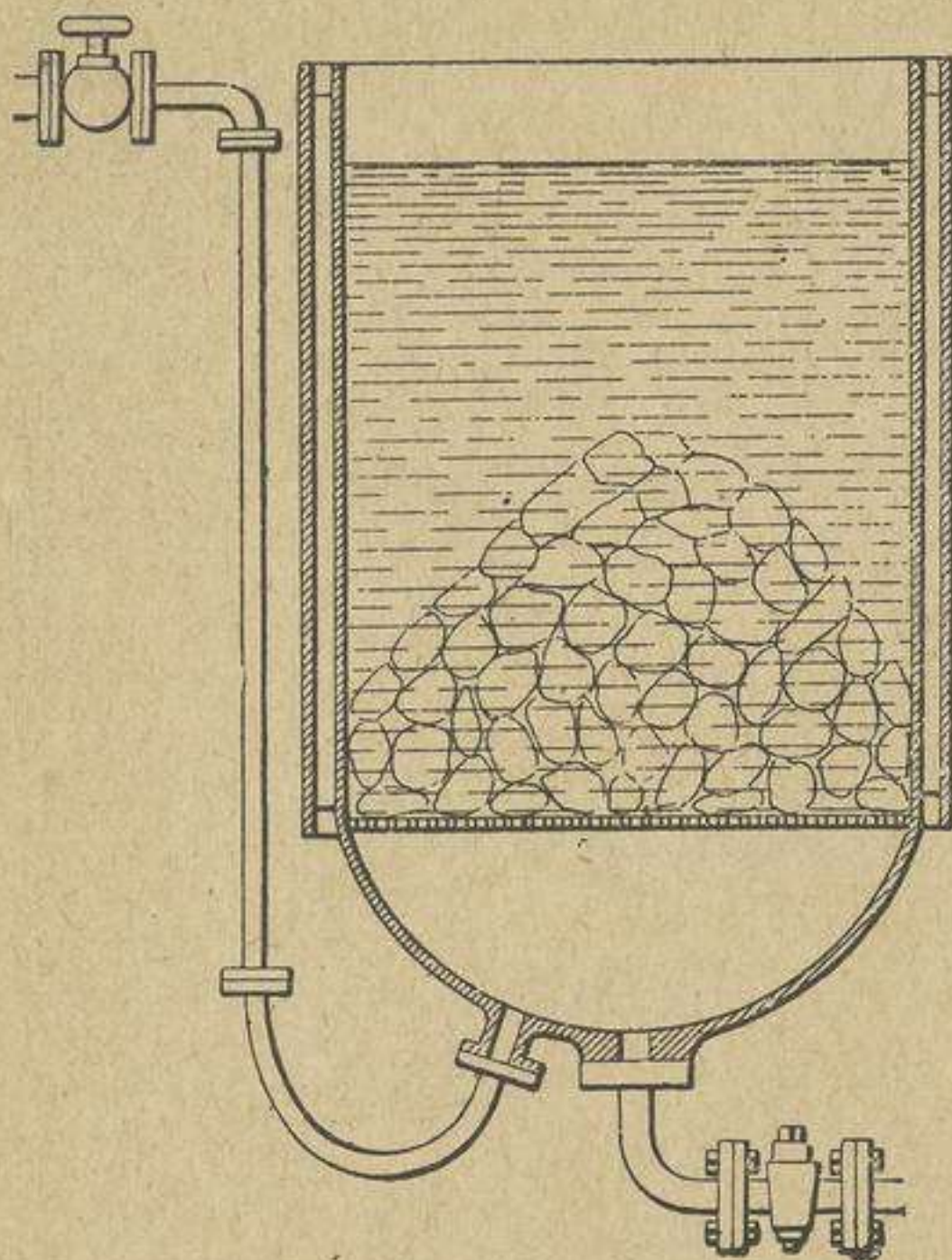


Fig. 24.—Caldera de carnalita.

Se ha tratado muchas veces de enriquecer el producto en carnalita, ya por elección, ya por un lavado con agua saturada de cloruro magnésico en especie de tamices, pero todos estos procedimientos se han abandonado por muy costosos.

Las sales se ponen en calderas de fundición ó de palastro, que en las instalaciones nuevas tienen forma cilíndrica ó cónica, de 3 á 4 metros de alto, con un diámetro de 1,5 á 2 metros. Una envoltura de madera las preserva del enfriamiento, y un falso fondo agujereado retiene el producto, que se compone de 3.000 á 5.000 kilos de carnalita. Se conducen á ellas las aguas residuos de filtración y de loción, cargadas de cloruro magnésico, y se introduce el vapor por el fondo, de modo que se efectúe la disolución en

las aguas ya calientes. En otra fábrica la carnalita molida se trata en calderas cónicotruncadas herméticamente cerradas y provistas de un agitador central con paletas. El vapor llega por un serpentín á la temperatura de 120° y la solución se hace á presión. El agotamiento es más perfecto, pero también se disuelve mayor cantidad de sales extrañas.

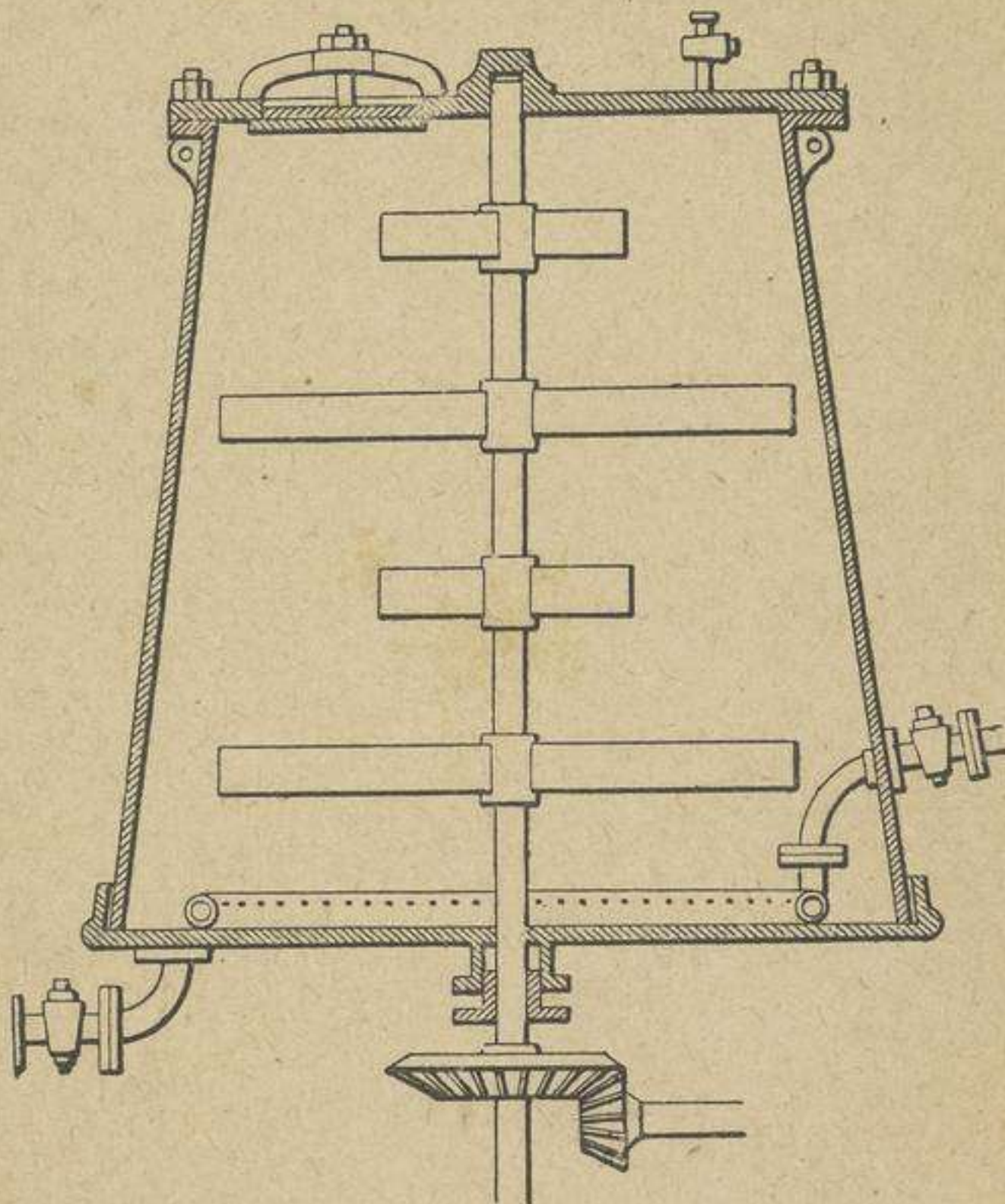


Fig. 25.—Caldera de carnalita.

Al salir de las calderas, los líquidos se conducen á depósitos de decantación ó clarificación y después á los cristalizadores.

El residuo se lixivia nuevamente, pero las aguas de loción se guardan para una segunda operación. Lo que queda se manda á la fabricación del sulfato sódico, donde no se emplea sino después de varios años.

Los depósitos de las vasijas de decantación se envían á la fabricación de abonos.

Los cristalizadores son vasijas planas formadas de chapas de

palastro remachadas. La fundición no se usa, porque se hiende cuando en ella se echan los líquidos calientes. Tienen de 1,50 á 2 metros de profundidad. Los cristalizadores poco profundos presentan la ventaja de ser en ellos el depósito más rápido y dar una sal más fina; pero ésta es menos pura que la obtenida en cristalizadores profundos, y por eso se prefieren éstos. La operación dura dos ó tres días, y es preciso en invierno cubrir la abertura de ventilación para obtener buenos cristales. Las aguas madres salen por un canal á depósitos de mampostería, de donde luego se toman, y el cloruro potásico producido se purifica por loción con agua fría. Esta operación se hace en cajas de hierro cuadradas ó cubas de madera, cuyo fondo está agujereado; el agua se vierte por una alcachofa de regar sobre la sal bien apretada, de modo que se emplee la menor cantidad posible. Se hace salir el agua pasadas algunas horas y se comienza de nuevo la operación. Se deja luego la sal enjugar bien y se seca por calcinación. Esta purificación está fundada en que la sal es bastante menos soluble en frío que en caliente, en tanto que el cloruro sódico es igualmente soluble á todas temperaturas. Las aguas de loción se emplean para la lixiviación de la sal bruta.

Las aguas madres de la primera cristalización se vierten en calderas de palastro de forma variable, según las fábricas. Unas (tipo de lomo de asno) tienen el fondo elevado en el centro, otras tienen el hogar interior ordinariamente doble. Por regla general se acoplan cinco calderas, siendo preferidas las del primer tipo, aunque son un poco más costosas en el combustible, á causa de su fácil reparación. Se evapora agregando nueva agua madre, de modo que el nivel llegue siempre al borde. Una vez concentradas, y al mismo tiempo privadas del cloruro sódico y el sulfato magnésico, las aguas madres se vuelven á los cristalizadores. La sal que depositan (*Bühnensalz*), formada por cloruro potásico, sódico y magnésico y sulfatos potásico y magnésico, se emplea una vez seca y calcinada para la fabricación de abonos.

Las aguas madres, después de haber depositado esta *Bühnensalz*, dan, como hemos dicho al principio, carnalita artificial, que los obreros llaman sal doble, y se aprovecha para extraer de ella el cloruro potásico, en calderas especiales con doble fondo, calentadas con vapor. Se disuelve con una mezcla de agua madre del segundo producto y agua ordinaria en la proporción de 1.200 kilos de sal doble por 24 metros cúbicos, y después de efectuada la disolución se hace cristalizar. Por las múltiples opera-

ciones á que esta industria complicada da lugar, esta última extracción se hace en talleres distintos. El único inconveniente que puede tener este último cloruro potásico es la presencia del óxido de hierro, procedente del ataque de las calderas por el cloruro magnésico descompuesto. Cuando la operación marcha bien, basta un solo lavado subsiguiente para obtener la sal potásica con 98 por 100. El agua madre resultante se reúne á los demás residuos líquidos para la disolución del mineral virgen.

El cloruro potásico, resultado final de todas estas operaciones, se deja escurrir largo tiempo para privarle de su agua madre, y después se seca al aire, ó más frecuentemente se calcina. Los hornos empleados para este último están compuestos de un suelo refractario, sobre el que se extiende la sal y sufre la acción de la llama producida sobre una parrilla de gradas. Se remueve la capa, de 25 á 30 centímetros de espesor, por medio de un rastrillo y una espátula. En los tipos de secaderos más recientes se pone la sal sobre placas con rebordes, calentadas por vapor, removiendo la masa con un agitador y deshaciendo los pelotones con un rodillo. El producto obtenido es más denso, más blanco y más fino; pero se forman costras fundidas que sólo pueden utilizarse como abono, y llegan hasta 3 por 100 del producto.

Se da gran importancia á la obtención de una sal exenta de cloruro magnésico, cuya presencia es á veces muy perjudicial. Ordinariamente sólo contiene 1 por 100 ó menos. Casi únicamente se expide en sacos de 50 y 100 kilos.

Kieserita.—La kieserita ó sulfato magnésico anhidro se consume en Inglaterra y en América en grandes cantidades para preparar el sulfato magnésico ordinario y transformar el cloruro potásico en sulfato.

Se extrae en Stassfurt de los residuos de la lixiviación de la carnalita. Estos se tratan todavía calientes, tan pronto como salen de las cubas, porque por exposición al aire la kieserita absorbe agua y da sulfato magnésico soluble, lo que es preciso evitar. El tratamiento está fundado en que en el agua se disuelven las sales extrañas, mientras que la kieserita se precipita en polvo fino.

Estos residuos, formados por sulfatos magnésico y cálcico, y cloruros diversos, entre los que domina el sódico, se colocan en cubas de palastro, cuyo fondo está formado por una rejilla de barras espaciadas. Una vasija plana colocada debajo conduce las aguas de loción á un depósito de mampostería, después de haberlas

hecho pasar por un cable formado por hilos de hierro paralelos y separados 3 milímetros unos de otros. El agua se conduce á la cuba por un tubo egujereado; se efectúa la disolución; la kieserita es arrastrada en forma de polvo fino; los trozos insolubles

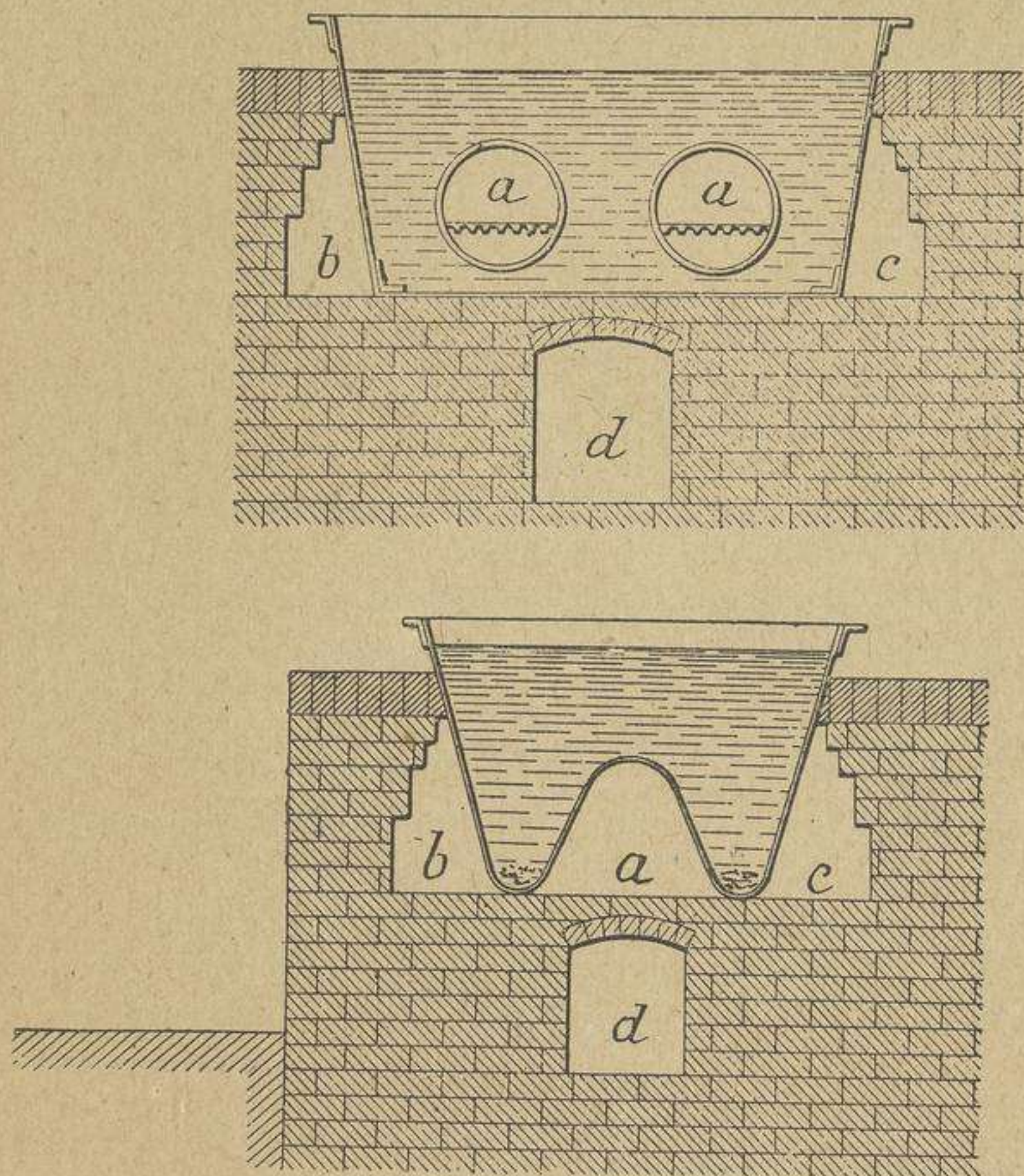


Fig. 26.—Calderas de evaporación de Bühnensalz.

de sales diversas quedan retenidos sobre el tamiz, no quedando sobre la rejilla nada más que los cristales grandes de cloruro sódico.

La kieserita cae al fondo de la vasija, de la que sale una parte de las sustancias más ligeras por estar completamente llena. El cieno se reúne en el fondo y se pone á secar en otras vasijas, y en seguida es moldeada en moldes en que se comprime. Estos pa-

nes de kieserita, absorbiendo superficialmente agua, dan sulfato magnésico ordinario, que endurece la masa con gran desprendimiento de calor. Apenas contiene 2 por 100 de cloruro sódico y ofrece á la industria el sulfato menos costoso. Además de los usos ya indicados, se emplea como manantial de ácido sulfúrico para obtener el sulfato bórico ó blanco fijo, para aprestar la seda, confeccionar baterías eléctricas, y puede servir también, mezclada con cemento, para fabricar piedra artificial.

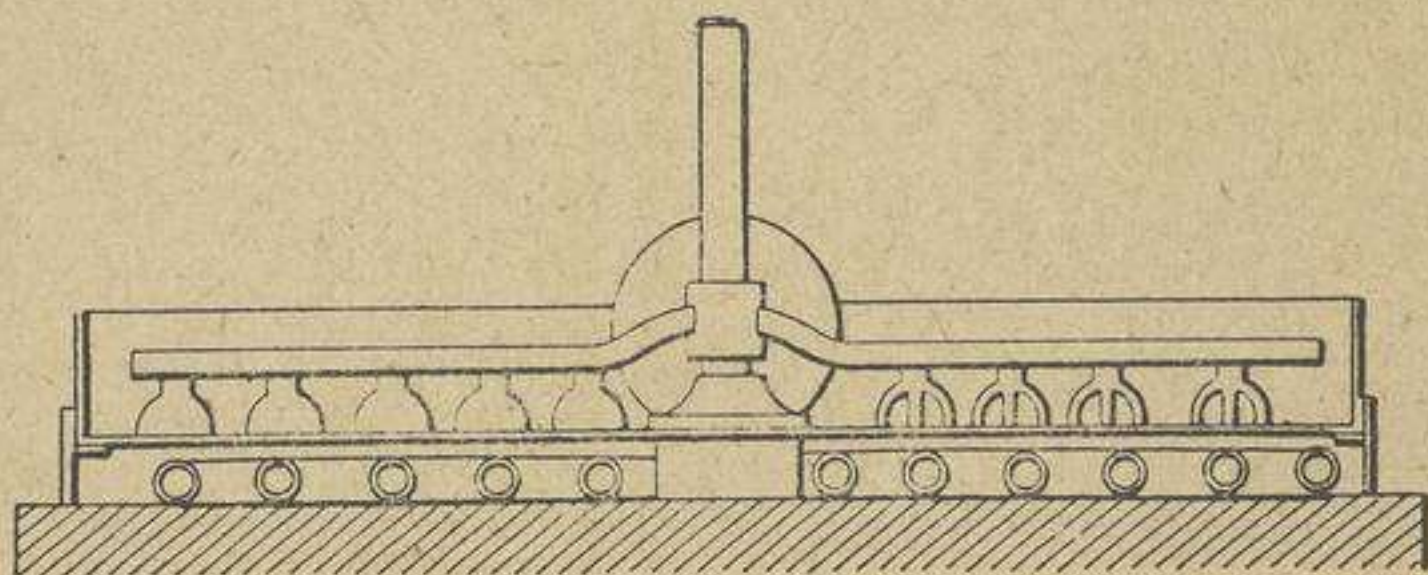


Fig. 27.—Secadero de cloruro potásico.

Sulfato magnésico.—Si se deja reposar la kieserita, al aire se hidrata y hace soluble, transformándose en sulfato magnésico. Generalmente se disuelve por el vapor después de haberla calcinado, y el líquido resultante de la disolución se pone á cristalizar en cubas de madera, en donde se ha suspendido de barras lastradas con plomo. La sal obtenida al cabo de quince días se lava, deja escurrir sobre zarzos y seca á menos de 30° para evitar que se eflorzca. Así resulta bastante puro, hasta para emplearle en medicina.

Sulfato sódico.—El método seguido en Stassfurt es imitación del que se sigue para utilizar las aguas madres en las salinas del Mediodía de Francia, y que estudiaron los ingenieros prusianos en 1864 en el establecimiento de Alais.

Los talleres están al descubierto. La materia empleada es el residuo de lixiviación de la carnalita, como para el sulfato anterior, pero que en este caso se deja expuesto al aire durante varios años. Este residuo, formado esencialmente de kieserita y cloruro sódico, da, cuando éste está en exceso y la kieserita se ha transformado en sulfato soluble, sulfato sódico. Para ello se disuelven los residuos así preparados en grandes calderas de madera, haciendo caer encima agua caliente. La solución, clarificada

por reposo, deja depositar, por enfriamiento, sulfato sódico en grandes vasijas planas de madera de 30 metros de lado y 50 centímetros de profundidad, siendo preciso que la temperatura sea de -10° . Si la temperatura no es suficientemente baja la sal resulta mezclada con sulfato magnésico. Frecuentemente se purifica el sulfato sódico haciéndole cristalizar, como la sal de magnesio, en grandes calderas de palastro. A veces esta precaución es esencial; el menor movimiento comunicado á la cuba turba la cristalización, provocando la formación de agujas de sulfato muy finas que retienen gran cantidad de agua madre y es preciso volverlas á tratar para venderlas.

La sal casi pura así obtenida se vende en este estado ó calcinada en hornos de suelo abombado de palastro. La sal funde en su agua de cristalización, se deshidrata y forma una masa compacta que hay que separar con cortafrío.

Cloruro magnésico.—Se utilizan para la fabricación de esta sal las últimas aguas madres del cloruro potásico, que se evaporan hasta que la sal fundida esté dispuesta para verterse en moldes de piedra. Otras veces se vierte el agua madre concentrada en toneles, donde se transforma en una masa sólida. Generalmente se calcina el cloruro para hacerle perder una parte de su agua.

La principal aplicación de este producto está fundada en su gran avidez para el agua. A los tejidos de algodón, en cuyo apresto entra, les da cierta flexibilidad. Se inyecta en las traviesas de los ferrocarriles y hace incombustible la madera. La industria azucarera lo ha empleado recientemente para clarificar los jugos concentrados. Es el principal agente para la fabricación del cloruro bórico, que á su vez se descompone por la kieserita, para la obtención del blanco fijo, como ya hemos indicado. La tostación de las piritas cuprosas utiliza también una cierta cantidad en el Harz.

Bromo.—En 1865 se reparó en la existencia del bromo en los productos de Stassfurt. Hoy la producción excede de 50 toneladas, y se encuentra casi monopolizada por la fábrica Franck.

Se utilizan las aguas madres precedentes, que además de cloruro magnésico, contienen todo el bromo, que es de 0,10 á 0,55 por 100.

En una cuba de gres con aros de hierro se calienta este agua madre, adicionada de bióxido de manganeso y ácido sulfúrico, por medio del vapor. Los vapores rojos característicos comienzan á desprenderse al cabo de un cuarto de hora, y se dirigen á

un serpentín de gres por medio de un tubo de plomo. El bromo condensado se recibe bajo una capa de agua, y los vapores no condensados sobre virutas de hierro, con lo que este metal se transforma en bromuro y el agua que las impregna en agua bromada. Estos dos productos se utilizan en una destilación ulterior.

El bromo obtenido es impuro y contiene cloro y cloruro de bromo, debido á que el cloruro se descompone dando cloro al final de la operación, por lo que hay necesidad de suspenderla cuando comienza á desprenderse cloro, por no haber ya bromuro que descomponer. Para privar al producto obtenido en Stassfurt de las cortas cantidades de cloro que contiene, se le destila en retortas de vidrio; pasa así todo el cloro combinado bajo la forma de cloruro de bromo en los primeros vapores y el resto del bromo se condensa. Resulta así muy puro, y sobre todo sin nada de iodo, lo que es de gran importancia para ciertos usos. Además del bromo se fabrican accesoriamente en Stassfurt la mayor parte de los bromuros, utilizando el bromuro de hierro de que ya hemos hablado.

Acido bórico y bórax.—El manantial de estos productos, que se fabrican en Stassfurt desde 1865, es el mineral llamado stassfurtita, que los mineros retiran á la mano de la carnalita extraída y se les paga aparte. Después de limpiado por agua, este mineral contiene 54 á 55 por 100 de ácido bórico.

Se muele la stassfurtita, y en una caldera de hierro se trata por la cantidad de agua suficiente para mojarla; se deja escurrir este agua, después de haber revuelto la mezcla, á través de una tela metálica que retiene en parte las partes insolubles; se lava el residuo con un poco de agua, se tapa el agujero de la caldera y se agregan 300 litros de agua y la mitad de ácido clorhídrico bruto. Caliéntase á 150° agitando, y cuando se ha operado la disolución se vierte en cristalizadores de piedra.

El ácido bórico cristaliza en gran parte, y cuando su producción cesa se separa, se deja escurrir entre trapos y se seca después de lavarle. Las aguas madres, nuevamente concentradas, dan todavía corta cantidad de ácido, cuyas últimas porciones impuras sirven para otra operación. El residuo final da todavía cloruro magnésico. Se puede obtener directamente el bórax ó borato sódico tratando la stassfurtita por una lejía de sosa. La marcha de la operación con loción previa para separar las sales extrañas es casi idéntica, y el bórax obtenido resulta casi químicamente puro.

Sulfato potásico.—Este importante producto se obtiene por regla general por el procedimiento siguiente: Se hace reaccionar el cloruro potásico sobre la kieserita ó sulfato magnésico anhidro, con lo que se forma un sulfato y un cloruro dobles de potasio y magnesio. El primero, que se designa con el nombre de *esconita*, siendo bastante menos soluble, se separa primero y se descompone tratándole por cloruro potásico; se forma sulfato potásico y cloruro magnésico potásico ó carnalita artificial. Existe un gran número de procedimientos distintos, pero los gastos de extracción son muy elevados y no pueden hacer concurrencia con el tratamiento del cloruro potásico por el ácido sulfúrico.

Se ha empleado satisfactoriamente la kainita, que como ya hemos dicho es una triple mezcla de cloruro magnésico, sulfato magnésico y sulfato potásico, y que por exposición al aire se transforma en sulfato potásico, separándose el resto al estado de cloruro magnésico. Como el mineral al salir de la mina está mezclado con gran proporción de sal común, se trata á presión por una solución fuertemente salada que disuelve el cloruro magnésico. Queda sólo entonces que separar el sulfato potásico en polvo fino de la sal común en cristales, cosa que fácilmente se hace por medio de una criba.

He aquí la estadística de los productos extraídos en 1884:

344.798	toneladas	de sal común.
263.040	—	de kainita.
979.597	—	de carnalita; se extrajeron 112.950 toneladas de cloruro potásico.
12.388	—	de kieserita.
159	—	de stassfurtita.

Sus fábricas dieron al comercio, además de estos productos brutos, los siguientes:

- Sulfato sódico.
- Sulfato magnésico potásico.
- Sulfato magnésico bruto.
- Sulfato magnésico puro y calcinado.
- Sulfato potásico núms. 1 y 2.
- Sulfato potásico bruto.
- Sulfato potásico magnésico.
- Abono potásico tres veces concentrado.
- Abono potásico cinco veces concentrado.
- Desperdicios de sal.

Los precios, variables, pasaron de 33,50 francos tonelada para su transporte á las cercanías de París.

Stassfurt es hoy el gran regulador del mercado de las sales potásicas, merced á un sindicato de todas las fábricas formado para evitar la excesiva disminución de los precios.

La mayor parte de los productos que acabamos de enumerar se utilizan como abonos, pero la presencia de la sal común y la magnesia se ha mostrado perjudicial más de una vez, y se tiende á desterrar lo más posible los abonos potásicos, de que el cultivo de la remolacha necesita enormes cantidades.

CAPÍTULO X

Usos de la sal.

Vamos á pasar revista á las numerosas aplicaciones de la sal común, sin detenernos, sin embargo, en la mayor parte de ellas, que constituyen verdaderas industrias.

La más importante de las aplicaciones es el consumo humano, y hay el hábito de considerar el empleo de la sal en este concepto como absolutamente necesario. En efecto, esta materia es tan apreciada de ciertos pueblos que no la tienen, que sirve de moneda de cambio, como ocurre en Abisinia, en que las barras de sal se cambian en el mercado por todo género de alimentos y objetos. Se dice también que entre las privaciones muy severas que se imponen ciertas órdenes monásticas, no se ha podido nunca incluir la de los alimentos salados. Se ha invocado en apoyo de esta necesidad universal el hecho de que todo nuestro cuerpo contiene en su composición sal, y es necesario suministrársela constantemente para reparar las pérdidas ocasionadas por las excreciones y secreciones: orinas, sudor, saliva, etc., procedentes del funcionamiento normal de los órganos.

Pero este hecho, perfectamente exacto, no explica la necesidad de consumir la sal. El cuerpo humano contiene además de este cuerpo un gran número de sustancias de que igualmente tiene necesidad, y la sal, así como las otras, le son suministradas por los alimentos; sin embargo, en tiempo normal no sentimos necesidad de agregar á éstos un suplemento de los principios minerales que contienen, y sí lo sentimos respecto á la sal.

Examinando atentamente la alimentación de pueblos muy diversos del globo, se observa que la necesidad de la sal no es tan general como se cree, porque en todo tiempo se han encontrado y se encuentran razas que no sólo no la consumen, sino que les causa repugnancia grande el mezclarla con los alimentos.

La misma información ha hecho aparecer esta correlación curiosa: todos estos pueblos viven exclusivamente de productos animales, y si por casualidad pasan por causa fortuita á una alimen-

tación parcial ó total formada de vegetales, aparece entre ellos el uso de la sal. Indicios de este hecho se encuentran hasta en los sacrificios de los antiguos romanos, que acompañados de sal cuando eran vegetales no la admitían cuando consistían en animales degollados. Según dice Tácito, los germanos no conocieron la sal hasta que abandonaron su vida errante; antes de esta época no se encuentra en su idioma ninguna palabra para designar este cuerpo; ¿se volvieron agricultores? pero luego se hicieron sangrientas guerras para la posesión de manantiales salados.

Los finlandeses actuales, al menos los que están más al Norte, no tienen palabra para la sal, y todos los pueblos siberianos tienen por ella verdadera antipatía. Los kamstchadales se alimentan exclusivamente de pescado podrido, conservado en hielo de un año para otro. El gobierno ruso, cuando les ha querido obligar á emplear la sal, no ha encontrado ninguna resistencia; salan sus pescados, pero no los comen.

Cuando en la India inglesa se descubrió un pequeño pueblo casi extinguido y hasta entonces desconocido, Tudas, se observó que vivían de la leche y la carne obtenida de sus rebaños y no consumían sal. Los khirgiznos, que viven, sin embargo, en las estepas saladas arabocaspianas, no la usan, y lo mismo ocurre con los indios de las Pampas, que viven en las mismas condiciones; encontrándose, por el contrario, generalizado el uso de la sal en los primeros mejicanos, que cultivaban el suelo y se batían ya por la posesión de este condimento, en tanto que los indios cazadores del Norte de América ignoraban su empleo.

Ciertas tribus actuales de beduinos, así como los bushuren del Africa central, están en el mismo caso, y Salluste encontró la misma particularidad en los antiguos numidas. Por el contrario, los negros de la costa, agricultores y vegetalianos, la consideran como alimento de gran importancia.

He aquí la fórmula del juramento judicial de los battas, pueblo que habita la gran isla de Sumatra: «Que nuestras cosechas sean aniquiladas, que perezcan nuestros ganados y yo no pruebe nunca la sal si no digo la verdad». Se ve la correlación estrecha entre el estado agrícola y el uso de la sal.

Estos ejemplos, que pudieran multiplicarse, prueban suficientemente lo que hemos dicho; esto es, que la necesidad de la sal está unida á una alimentación parcial ó totalmente vegetal. Diremos además que parece unida á la presencia en estos alimentos de sales potásicas. Cuando, en efecto, se introduce en el cuerpo

una sal de potasa, se produce entre el cloruro sódico del organismo y la sal introducida una doble descomposición, de que resulta cloruro potásico y una nueva sal sódica que ha tomado el ácido de la sal potásica introducida. Pero ninguno de los dos productos de la descomposición puede permanecer en el organismo y se expulsan por el riñón, perdiéndose así por el solo hecho de la introducción de la potasa, cloro y sodio, esto es, cloruro sódico, y esta pérdida es la que es preciso reemplazar, pues nuestro cuerpo lo reclama imperiosamente.

No faltan pruebas de esta experiencia, comprobada químicamente en varias ocasiones. Los carnívoros tienen gran repugnancia por los alimentos salados, y, por el contrario, los herbívoros salvajes ó domésticos la tienen en grande estima, y tampoco se observa la necesidad real de la sal en los animales sino cuando están sometidos á la alimentación de un forraje rico en potasa.

Las patatas, alimento muy rico en potasa, no pueden comerse habitualmente sin sal, y, por el contrario, el arroz, que contiene muy corta cantidad, se consume asociado á la carne en la alimentación en las tres cuartas partes del globo, en particular en todos los pueblos que no consumen sal.

Entre los que la caza forma la alimentación exclusiva se puede observar que se evita la menor pérdida de sangre, y la cantidad de sal que contiene naturalmente este líquido es suficiente para las necesidades del organismo. Los cazadores de renos ó de focas de las regiones septentrionales sumergen en sangre caliente la carne cruda que constituye su alimentación.

Explicase así fácilmente la necesidad para las órdenes monásticas de conservar la sal en su alimentación, porque ésta se compone exclusivamente de vegetales ordinarios.

En cuanto á la cantidad de sal consumida por habitante, fué establecida con bastante cuidado en 1870 en una vasta información hecha por el ilustre naturalista H. Milne Edwards en Francia, Inglaterra y Bélgica, y dió para París una media de 4^k,500 y una cantidad un poco mayor en Inglaterra. Es mayor en los habitantes del campo, cuya alimentación es más vegetal.

En 1874, las cifras del consumo en Francia llegaron á 370.000 toneladas, de cuya cantidad el 40 por 100 fué suministrado por las salinas del Oeste, y el resto, á partes iguales, por las del Mediodía y las refinerías del Este y de Bayona. Las industrias químicas emplearon 50.000 toneladas, y las salazones y la pesca 67.000.

La exportación y las existencias en almacén se elevaron á 163.000 toneladas, que completaban las 650.000 producidas. En 1888 el consumo total en Francia se elevó á 556.000 toneladas, y el del mundo entero fué de 9.125.000 toneladas.

Para terminar con estas estadísticas he aquí, en 1874, la producción de diversos países de Europa por orden de importancia:

Inglaterra.	1.840.000	toneladas.
Rusia.	1.250.000	—
Portugal.	700.000	—
Francia.	650.000	—
Alemania.	600.000	—
Austria.	600.000	—
Italia.	350.000	—
Suiza.	35.000	—

En España no se puede hacer la estadística de la sal producida y consumida por ser muchas las salinas que se explotan, algunas de poca importancia, y no estar estancado el producto.

La conservación de sustancias alimenticias consume también grandes cantidades de sal. Su acción conservadora se explica por el hecho de separar el agua de los tejidos, formando en su superficie una costra de salmuera en que no pueden tener lugar las fermentaciones. Idéntica propiedad tienen otras muchas sales.

Inútil es insistir sobre la industria de la salazón, secundada á veces de otro medio conservador, el humo, que contiene vapores creosotados. Unicamente diremos que la sal se aplica para la conservación de ciertas sustancias alimenticias como la manteca. En este último caso se ha observado que el cuerpo graso se conserva mejor y con un sabor más fino si á la sal común se adiciona 2 por 100 de cloruro cálcico. Este cuerpo, muy ávido del agua, no tarda en transformarse en un líquido siruposo cuando se expone al aire, y de esta solución concentrada se agrega una corta cantidad á la sal que se va á utilizar. Se puede observar que la sal de Wurtemberg, especialmente fabricada para este uso, contiene en efecto un poco de cloruro cálcico.

La industria química hace numerosos usos de la sal. La aplicación más importante es la fabricación de la sosa, en la que, sea por el método de Leblanc ó el de Solvay, es la primera materia. Inglaterra, por su gran producción de sal, es la que surte de sosa todos los mercados del mundo.

La preparación del cloro y los hipocloritos decolorantes, de tan gran uso en el blanqueado, está fundada también en el empleo de la sal; el ácido clorhídrico y todos los cloruros se preparan por intermedio suyo, y antes de obtenerse electrolíticamente el aluminio, la sal servía para preparar el cloruro aluminico sódico, base de la fabricación de este metal.

La amalgamación de la plata y tostación de los minerales clorurados de este metal necesitan también grandes cantidades de sal.

También se emplea en la preparación del sodio; la industria de los jabones, en que el agua salada se utiliza para separar la masa jabonosa en las calderas; el vidriado de la loza ordinaria, y para inyectar la madera por ciertos procedimientos.

El curtido de pieles y tenería, sea para preparar el mordiente de alumbre ó sea para preparar las pieles que se han de depilar, emplean también la sal.

Ultimamente se emplea en ciertas mezclas frigoríficas, unida al sulfato sódico, en las heladoras portátiles, y también para mojar el tabaco.

Con respecto á su empleo en agricultura, aparte de la alimentación del ganado, su uso es muy pequeño y apenas justifica el movimiento extraordinario que en la opinión ha causado varias veces. En 1824, en Inglaterra, la opinión, dirigida contra el monopolio de dos poderosas compañías, hizo abortar el impuesto sobre la sal.

En Francia, de 1840 á 1860, la cuestión de este impuesto tuvo una inmensa resonancia y dió lugar á polémicas muy vivas y exageradas, en las que se quiso hacer de la sal, no sólo la panacea para la alimentación del ganado, sino el primero de los abonos químicos. Cierto es que algunos ejemplos de cultivo en tierras saladas ó abonadas con materias que contenían sal son muy decisivos; pero numerosas experiencias hechas en esta época con el mayor cuidado no tardaron en demostrar que en realidad las plantas no absorben la sal en que crecen y que no se encuentra en sus cenizas, y no está menos demostrado que la presencia del cloruro sódico á dosis un poco elevada impide muy manifiestamente la mayor parte de los cultivos y *quemá* el terreno.

Finalmente, una prueba muy concluyente de la inutilidad de la sal como abono es ésta: una vez abrogado el impuesto en 1848, el uso de la sal desnaturalizada como abono no ha aumentado en Francia ni Inglaterra, donde desde 1848 su comercio está libre

de todo gravamen y donde se ensayó muy cuidadosamente su empleo.

Siendo el precio de venta de la sal de 15 á 20 céntimos el kilo, puede descomponerse del modo que sigue: 0,01 de fabricación; 0,02 de purificación; 0,05 de beneficio para los corredores y almacenistas; 0,095 de impuesto, quedando para el salinero un beneficio que no pasa de 4 por 100 del capital empleado. Estos datos son referentes á Francia. En España, donde la sal está libre de todo impuesto, el precio de venta es más reducido y pueden tomarse como muy aproximadas las mismas cantidades.

La sal es para los buques un flete de los más buscados, que excede de 300.000 toneladas, comprendiendo las sales transportadas para la grande y pequeña pesca.

Para la alimentación del ganado, la pesca y las industrias químicas, la sal, en los países donde tiene sobre sí un impuesto, como ocurre en Francia, está exenta de éste después de desnaturalizarla, lo que ordinariamente se hace agregándola óxido de hierro ó creta roja, naftalina ó salmuera antigua.

Los demás países de Europa están sometidos á un régimen variable para el comercio de la sal, y excepto en Inglaterra existe en todos una tasa inferior de consumo, un derecho protector de entrada y hasta interdicción sobre las sales extranjeras.

Para terminar este capítulo no encontramos nada mejor que dar la palabra á Plinio el Naturalista respecto á las aplicaciones médicas de la sal, que en su tiempo, como se verá, no eran despreciables:

«La sal se emplea contra la mordedura de las serpientes con el orégano, la miel y el hisopo; es buena contra las escolopendras en el vinagre; al interior contra la picaduras de los escorpiones, contra la de los abejones y avispas y otros insectos semejantes; en vinagre contra las jaquecas, las úlceras de la cabeza y las pústulas ó pápulas, y las verrugas que están saliendo de esta parte, con sebo de buey..... Para los equimosis de los ojos producidos por golpes..... para la catarata se tritura con leche en pequeñas piedras, prefiriéndose para este uso la sal de España. Se aplica sobre las contusiones..... las úlceras de la boca que supuran ó frotando las encías tumefactas. Cura la lepra, forúnculos, liquen; las afecciones psóricas con pasas, cuyas semillas se han separado, sebo de buey, orégano, levadura ó pan..... La sal es buena para las anginas..... La sal mezclada con vino purga sin hacer daño, bebida con vino expulsa los vermes intestinales.

Puesta debajo de la lengua permite á los convalecientes sopor-
tar el calor de los baños. Alivia los dolores nerviosos, sobre todo
de la espalda y los riñones..... cura los cólicos, retortijones y los
dolores de vientre..... triturada con harina en miel y aceite cura
la gota. La sal quita y cura las grietas de los pies y los sabaño-
nes. Para las quemaduras se emplea en tópico ó se hace comer.
Para las erisipelas y las úlceras se hace uso de la sal con vinagre
ó hisopo; para los carcinomas, con la «uva aminia»; para las úl-
ceras fagedénicas, tostada con harina de cebada..... en los histéri-
cos se dan fricciones con aceite, vinagre y sal al lado del fuego
hasta que sudan. Se frotan las personas cansadas con sal y aceite.
También se tratan los hidrópicos con sal; se hacen unturas con
sal y aceite en los ardores de la fiebre, y ha disipado toses inve-
teradas poniéndola sobre la lengua. Se ha empleado en lociones
contra las coxalgias, y se ha hecho con ella un tópico contra las
úlceras pútridas. Se aplica contra las mordeduras de los cocodri-
los... Se da al interior como el opio... se aplica sobre las luxacio-
nes y las excrescencias de carne. En el dolor de muelas se usa un
colutorio de sal y vinagre. La sal es buena cuando se trata de
calentar, y cuando se trata de atenuar y hacer más lisa la piel.
La sal cura la sarna de los carneros y bueyes, y se les da á lamer.
Con saliva se echa en los ojos á las caballerías. He aquí lo que
tenemos que consignar acerca de la sal».

Se encontrará sin duda que Plinio no dejó de decir bastante
verdad; y ante las numerosas aplicaciones que ha consignado sin
el menor escrúpulo el ingenioso y sincero compilador, se pregun-
tará qué afecciones bastante rebeldes pueden resistir una pana-
cea que hacía desaparecer con igual facilidad el dolor de muelas y
los carcinomas, las luxaciones y las hidropesías. En este período
hay que ver ante todo el reflejo de la considerable importancia
que ya tenía la sal, considerada como una de las sustancias más
preciosas y más indispensables.

INDICE DE MATERIAS

CAPÍTULO PRIMERO

COMPOSICIÓN DE LA SAL

PÁGINAS

Propiedades físicas, forma cristalina; propiedades químicas, reactivos.	1
---	---

CAPÍTULO II

DISTRIBUCIÓN DE LA SAL EN EL GLOBO

Agua de mar; productos resultantes de su evaporación.—Yacimientos salinos. Nociones de geología.—Piso siluriano; salinas de Se-Tchoan, de la India, de América.—Piso devoniano; salinas de Arkangel.—Piso permiano; salinas de Perm, Stassfurt.—El Kara-Boghaz, el estuario del Ródano.—Epoca triásica. Salinas de Lorena, de Salzkammergut, del Cheshire.—Epoca cretácea. Argelia, India.	5
Epoca eocena. Cardona, Wielicza, Transilvania.	19
Epoca actual; sal de las regiones desiertas, lagos salados, mar Muerto.	22

CAPÍTULO III

SALINAS DE COSTA

Historia.—Salinas del Oeste.—Recolección de la sal; método de Roux.—Refinación de la sal.—Salinas de Avranches.	27
Salinas del Mediterráneo.—Depósitos exteriores, interiores y tableros salantes.—Conducción y recolección.	40

Salinas de Portugal, Setubal, Lisboa y Aveiro; el fieltro vegetal.	46
Salinas de España, Italia y Austria..	53
Salinas naturales de la región arabocaspiana. Sal por refrigeración..	55

CAPÍTULO IV

EXPLOTACIÓN POR GALERÍAS DE MINAS

Cardona.—Wieliczka; disposición, explotación; Grunsalz, Schibbersalz, Spizasalz.—Bochnia, Rumania, Maros-Ujvar y Marmaros.—Otros yacimientos de sal.—Sal de los antiguos.. . .	57
--	----

CAPÍTULO V

EXPLOTACIÓN POR CÁMARAS DE DISOLUCIÓN

Salzkammergut; establecimiento de las cámaras, marcha de la operación. Particularidades de las minas por disolución. . . .	75
--	----

CAPÍTULO VI

MANANTIALES SALADOS NATURALES Y ARTIFICIALES

Concentración del agua salada.—Graderías de concentración; sus inconvenientes.—Graduación sobre cuerdas.—Pozos de sonda; establecimiento, funcionamiento.—Depuración de salmueras.	83
Grupo salinífero de Lorena, Bajos Pirineos, Baviera, Cheshire y Worcestershire..	92

CAPÍTULO VII

EVAPORACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SAL

Formación de los cristales; sus dimensiones.—Calderas ó estufas para evaporar; detalles de construcción, calefacción, chimeneas de tiro.—Particularidades especiales de las diversas salinas; cualidades comerciales de las sales.	97
Utilización del calor perdido de las estufas; calderas de Wurtemberg.—Aparato Piccard; descripción y funcionamiento. . . .	100

Escurrido..	112
Composición de las sales gemmas y marinas..	115

CAPÍTULO VIII

UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS MADRES DE LAS SALINAS DEL MEDIODÍA

Método primitivo de Balard.—Método de las aguas á 35°.— Método de las aguas á 28°.—Método mixto.—Calderas de eva- poración.—Sal mixta, sal de estío.—Sulfato sódico, su dese- cación; método Pechiney..	117
--	-----

CAPÍTULO IX

YACIMIENTOS DE STASSFURT

Historia.—Disposición de las capas; zonas de kieserita, carnali- ta, kainita y stassfurtita.—Productos de Stassfurt: cloruro potásico, sulfato magnésico, sulfato sódico, cloruro magnési- co, bromo, ácido bórico y bórax, sulfato potásico, abonos quí- micos..	125
---	-----

CAPÍTULO X

USOS DE LA SAL

Pueblos que no consumen sal.—Fisiología del uso de la sal en la alimentación.—Salazones.—Industria química.—Agricultura. —Usos medicinales de la sal entre los antiguos.	139
--	-----

LIBRERIA EDITORIAL DE BAILLY-BAILLIERE É HIJOS

— Plaza de Santa Ana, núm. 10, Madrid. —

PEQUEÑA ENCICLOPEDIA ELECTROMECAÁNICA

PUBLICADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL INGENIERO CIVIL FRANCÉS

HENRY DE GRAFFIGNY

Colección completa en 12 tomos.

- I. Manual elemental de electricidad industrial.
- II. Manual práctico del encargado de dinamos y motores eléctricos.
- III. Las pilas y los acumuladores.
- IV. Las canalizaciones eléctricas.
- V. Fogonero-conductor de máquinas de vapor.
- VI. Conductor de motores de gas y petróleo.
- VII. Guía práctica de alumbrado eléctrico.
- VIII. El montador eléctrico.
- IX. El transporte eléctrico de las fuerzas motoras.
- X. Las redes telefónicas y los timbres eléctricos.
- XI. Guía práctica de electroquímica.
- XII. La electricidad para todos. Aplicaciones diversas.

CONDICIONES DE LA PUBLICACION

Cada tomo cuesta: en rústica, 1,50 peseta; en tela á la inglesa, 2 pesetas.

El que desee recibir cada tomo certificado deberá añadir 25 céntimos de peseta por tomo.

El precio de los 12 tomos es: en rústica, 18 pesetas; en tela á la inglesa, 24, más 0,25 para el certificado de los 12 tomos.

LA
TRACCIÓN ELECTRICA

POR

C. TAINURIER

Ingeniero de Artes y Manufacturas, ingeniero de la Compañía de Tranvías
eléctricos de París-Romainville.

VERSIÓN CASTELLANA

DE

D. RICARDO VILLALBA Y RIQUELME

Ayudante de Obras públicas.

TRANVÍAS, FERROCARRILES Y COCHES AUTOMÓVILES
ESTUDIO DE UNA LÍNEA
CENTRALES GENERATRICES.—MATERIAL MÓVIL
APÉNDICES.—LEYES Y REGLAMENTOS

Un tomo en 12.^o

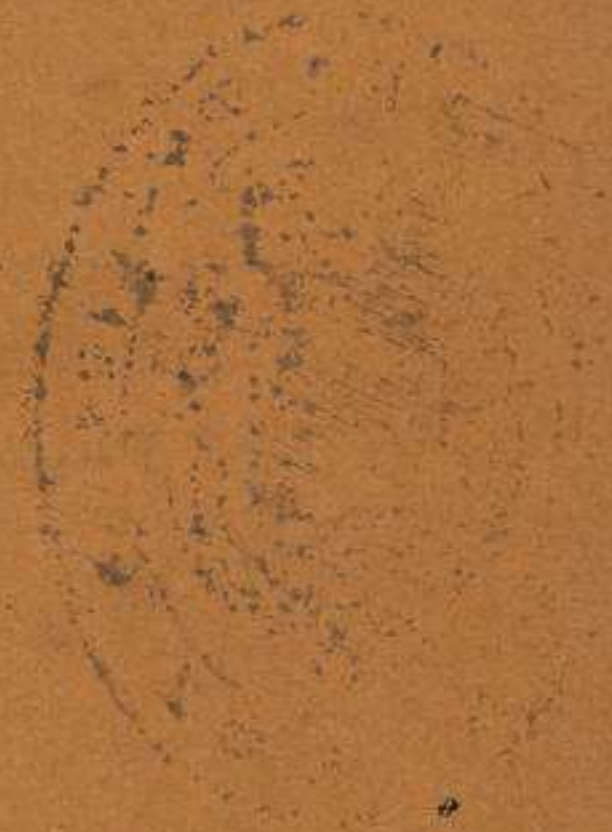
Ilustrado con 110 grabados intercalados en el texto.

PRECIOS.. . { En rústica. 4 pesetas.
 { En pasta. 5 —

En provincias, 25 céntimos de peseta más para el certi-
ficado.

Tetuán de Chamartin.—Imp. de Bailly-Bailliere é Hijos.





EN PRENSA

PEQUEÑA ENCICLOPEDIA PRÁCTICA

DE

QUÍMICA INDUSTRIAL

PUBLICADA

bajo la dirección de F. BILLON, ingeniero químico.

Colección completa en 30 tomos.

Precio de cada tomo: 1,50 pesetas en rústica; 2 pesetas en tela.

TÍTULOS DE LOS TOMOS DE LA COLECCIÓN

- | | |
|--|--|
| 1.º <i>Historia de la industria química.</i> | 16. <i>Abonos.</i> |
| 2.º <i>La Sal.</i> | 17. <i>La madera.</i> |
| 3.º <i>Sosa y potasa.</i> | 18. <i>La industria de los gases.</i> |
| 4.º <i>Azufre y sus derivados.</i> | 19. <i>El petróleo.</i> |
| 5.º <i>Cloro y sus derivados.</i> | 20. <i>Cuerpos grasos industriales.</i> |
| 6.º <i>Productos nitrados y amoniacados.</i> | 21. <i>La Perfumería.</i> |
| 7.º <i>El agua.</i> | 22. <i>Barnices, mastics y pulimentos.</i> |
| 8.º <i>El azúcar.</i> | 23. <i>Teñido é impresión.</i> |
| 9.º <i>El alcohol.</i> | 24. <i>Colores minerales.</i> |
| 10. <i>Vinos y vinagres.</i> | 25. <i>Explosivos, pirotécnica y cerillas.</i> |
| 11. <i>Cerveza, sidra y perada.</i> | 26. <i>Metales térreos.</i> |
| 12. <i>Harinas y féculas.</i> | 27. <i>Hierro, fundiciones y acero.</i> |
| 13. <i>Leche, cuerpos grasos alimenticios.</i> | 28. <i>Cobre, plomo y mercurio.</i> |
| 14. <i>Conservas alimenticias.</i> | 29. <i>Zinc, estaño, níquel y cobalto.</i> |
| 15. <i>Sustancias animales.</i> | 30. <i>Oro, plata y platino.</i> |

CONDICIONES POR SUSCRIPCIÓN Á LOS 30 TOMOS

- 1.º **Pago anticipado**, es decir, al hacer la suscripción y recibir los tomos á medida de su publicación. En rústica, 36 pesetas; en tela, 50.
- 2.º A pagar á plazos de 10 pesetas. En rústica, 40 pesetas; en tela, 54.

Pagaderos como sigue:

Al hacer la suscripción.	10 pesetas.
A la publicación del tomo 10.	10 —
A la publicación del tomo 20.	10 —
A la publicación del tomo 30.	10 —

Para los que la deseen encuadernada en tela, los plazos serán de 13,50 pesetas.

NOTA IMPORTANTE.—Se publicarán dos tomos mensuales á partir del mes de junio. Una vez publicado el tomo 25 no se admitirán suscripciones con rebaja de precio.

