

ANTILIA

REVISTA ESPAÑOLA DE HISTORIA DE LAS CIENCIAS DE LA
NATURALEZA Y DE LA TECNOLOGÍA
SPANISH JOURNAL OF HISTORY OF NATURAL SCIENCES AND
TECHNOLOGY

Historia de la Biología. Facultad de Biología.
Universidad Complutense de Madrid.

DL: M-34954-1995.

ISSN: 1136-2049.

1998. Vol IV. Artículo nº 1. Recibido el 17 de noviembre de 1998. Editado el 21 de diciembre de 1998.

LA ELABORACION DE LA SOSA EN ESPAÑA: DE LA BARRILLA A LA FÁBRICA SOLVAY DE TORRELAVEGA

Joaquín Fernández Pérez

**Dep. Biología Celular
Facultad de Biología
Universidad Complutense de Madrid
28040 Madrid (España)**

LA ELABORACION DE LA SOSA EN ESPAÑA: DE LA BARRILLA A LA FÁBRICA SOLVAY DE TORRELAVEGA

I. INTRODUCCIÓN

En la evolución de la técnica se han señalado tres fases interpenetradas: eotécnica, paleotécnica y neotécnica (1). La primera fase que representa los albores se caracterizan por la utilización de la energía hidráulica y la madera como material de construcción de los ingenios. En la segunda fase, considerada hoy antigua, la energía se obtendrá del carbón y el material será el acero. En la tercera fase la energía será eléctrica o procedente de combustibles fósiles y los materiales son complejas aleaciones.

Este mismo esquema puede ser llevado a la industria química de la producción de la sosa. La obtención de sosa natural en forma de eflorescencias de lagos salados y la combustión directa de plantas barrilleras o de plantas acuáticas marinas para la obtención de sosa pertenecen a la fase eotécnica. Posiblemente la primera precedió a la segunda, y aunque no se necesitaba energía hidráulica ni ingenios construidos de madera, no hay inconveniente en considerar a los procesos de obtención como

eotécnicos. El proceso industrial de Leblanc, que permite la obtención de sosa a partir de sal natural, puede equipararse a un proceso paleotécnico. El método de Solvay se encuentra a mitad de camino entre la paleotécnica y la neotécnica. El procedimiento electrolítico de obtención de sosa, el más moderno de todos, puede incluirse en la fase neotécnica.

En este trabajo vamos a describir muy brevemente, el procedimiento tradicional de obtención de sosa quemando plantas barrilleras, que tuvo una gran importancia en España hasta principios del Siglo XIX, el largo interludio caracterizado por el tratamiento de sulfato de sodio nativo, y por último, el procedimiento de Solvay que se utilizó en la primera fábrica española de producción de sosa que comenzó a funcionar en Torrelavega en 1908. Puede decirse que en el caso de España se pasó, en lo que se refiere a la obtención de la sosa, de una fase eotécnica a otra paleotécnica muy suigéneris, y de esta a otra neotécnica. Entre la desaparición de la primera a lo largo del Siglo XIX, y el establecimiento de la fábrica Solvay de Torrelavega había pasado casi una centuria. En medio el desarrollo del último tramo del procedimiento Leblanc. Como veremos más adelante la industrialización química en España fue muy raquítica, y las escasas fábricas que se establecieron no pueden compararse a las numerosas que existían en los mismos años en Inglaterra que dieron lugar al nacimiento de la industria química. España llegó a ser dependiente de otros países en lo que a la sosa se refiere. El bajo coste de la sosa importada sobre la producida en las últimas décadas del Siglo XIX fue decisiva para el cierre de las industrias establecidas en nuestro país. Sin embargo muchas de las materias primas utilizadas en la fabricación, como veremos más adelante, tanto para el procedimiento de Leblanc como para el de Solvay podían conseguirse con facilidad en los yacimientos de la península. Las causas de la falta de industrialización química en España en el Siglo XIX habrá que buscarlas en nuevas indagaciones historiográficas, que pertenecen a la historia económica española.

II. LA SOSA NATURAL

Además del carbonato sódico normal anhidro Na_2CO_3 que puede cristalizar con 1,2,3,5,6,7,10,15 mol. de agua, y entre las cuales, el hidrato $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ es la sosa cristalizada ordinaria (cristales de sosa), conocemos las siguientes combinaciones: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3$, llamado también natrón, trona o urao; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{NaHCO}_3$ y NaHCO_3 carbonato ácido o bicarbonato. Todos ellos se encuentran entre las sosas naturales.

Los carbonatos sódicos se encuentran de forma natural junto con otras sales en algunos manantiales de agua, aguas minerales de Vichy, Karlsbad, etc. Cuando estas aguas se acumulan en lagos sin desagüe en los que se produce una evaporación grande, se llega a formar en las zonas que se van secando carbonato sólido, sobre todo $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Los yacimientos de sosa natural más antiguos conocidos son los de los lagos del Bajo Egipto. Se trata de la cuenca de Wady Atrun. El agua fuertemente alcalina de los 11 lagos que allí se encuentran contiene carbonato, cloruro y sulfato sódico. En abril el nivel del agua llega al máximo y en verano se desecan parcialmente dando diversas variedades de trona. Estos lagos son realmente vaciaderos en que las aguas de los manantiales, que contienen poca sal, se concentran tanto en verano que se forma una capa de sales sódicas de 40 a 50 cm. de espesor y con un contenido de álcali del 30 %.

El depósito es una mezcla de carbonato sódico y barro arcilloso (latroni). También en su composición se encuentra sulfato sódico, arena y agua. Se extraía el depósito con la ayuda de barras de hierro utilizadas como pico y palanca, se dejaba secar a la orilla del lago y se transportaba por el Nilo dentro de cestas. Tradicionalmente se añadía al agua usada para beber y naturalmente para la fabricación del vidrio y del jabón. Los "mercaturum nitro" de que habla Plinio transportaban trozos de natron obtenidos de estos lagos salados. Fueron, según el gran naturalista, los inventores del vidrio cuando para calentar sus marmitas de comida en una playa utilizaron como soportes trozos del natron que transportaban. El calor transformó la mezcla de sílice y sosa en vidrio (2).

Hay también lagos de semejantes características en la costa oriental de Aden en Arabia, en Szegedin en Hungría, y en toda la estepa entre el Theiss y el Danubio.

El abandono del consumo de la sosa natural en el mundo mediterráneo y su sustitución por la sosa artificial obtenida de quemar plantas barrilleras no está documentado. Es muy posible que corresponda a la época de la expansión del Islam.

En América también existía sosa natural, recibía el nombre de tequixquitl, tequisquilit o tequesquite. Es muy posible que su utilización prehispánica fuera exclusivamente para la condimentación de la comida. Con la llegada de los españoles empezaría a utilizarse para la fabricación de jabón y vidrio. La primera descripción la hace el fraile Francisco Ximénez, aunque lo confunde con el nitro o salitre (nitrato potásico) a la vez que dice que "levanta espuma de la misma manera que lo haze el jabón". Aparecía en las orillas de ríos y lagunas en tiempo de sequía. Escribe Ximénez: "bárrese pues con escovas, o cójese con las manos, grandíssima cantidad, del muy verdadero salitre, de las lagunas de Nueva España, quando por el estío se secan, y del blanquecino quaxado en granos como de sal común y se guarda para lo que fuere necessario entre año, y ay mucha abundancia en todas las lagunas mayormente en esta de México" (3)

Este salitre no era tal sino tequesquite, es decir carbonato de sosa. Ximénez conocía y utilizó el libro de Dioscórides traducido y anotado por Andrés Laguna, transmitiendo algunos de sus errores. Al tratar Ximénez del alumbre (sulfato doble de potasio y aluminio hidratado), conocido por los mexicanos con el nombre de tiaixocotl, lo confunde como Andrés Laguna con la sosa, y dice de él, que se hace "de la hierba Kali de los árabes" Estos errores es posible que provengan de la confusión reinante en algunas adiciones de Laguna En efecto, la anotación de Laguna a Dioscórides es literalmente "Prepárase el alumbre llamado Catino, de la ceniza de una yerva salada, llamada kali en arábigo, de la qual suele hazerse el vidrio" (4).

Se siguieron cometiendo errores similares en las descripciones, sobre todo en cuanto a su composición. Por ejemplo el viajero y aventurero calabrés Giovanni Francesco Gemelli Carreri nos ha dejado este confuso párrafo fruto de las notas de su viaje por la Nueva España en 1697:

"Llegué, con la canoa, hasta la aldea de Iztacalco, que en lengua mexicana significa casa blanca. Hervida el agua de su laguna con tierra llamada tequisquite, o de salitre, y colada por un tubo, se hace con ella sal" (5)

Otro error en este comentario es que iztacalco en nahuatl significa "casa de sal", mientras que iztaccalco significa "casa blanca"

También lo considera salitre Antonio de Ulloa que lo vio en las lagunas de México. El ilustre marino y científico da noticia de su utilización tanto para condimentar - hay que recordar su contenido en sal común - como para la fijación de los tintes (6).

Francisco de Ajofrin en el Siglo XVIII llama al tequesquite "sal de tierra" y dice que se utilizaba junto con la cal para hacer la lejía que servía para fabricar jabón (7)

El metalúrgico José Garcés y Eguía dice acertadamente que el tequesquite es álcali mineral nativo (carbonato de sodio) y lo utilizó para un procedimiento de fundición de menas de plata (8).

Las noticias sobre el tequesquite son frecuentes en los trabajos de Historia Natural de finales del Siglo XVIII y principios del XIX. Por ejemplo Miguel del Barco en su obra sobre California comenta lo que sigue:

"En otros parajes húmedos, en lugar de salitre hay tequezquite, nombre mexicano que, en Nueva España se da a cierta especie de salitre que no pone la tierra blanca sino que, dejándola en su natural color, la esponja en la superficie, poniéndola muy floja y, para decirlo así, es como espuma de la tierra. Sirve el tequezquite para ablandar las legumbres con facilidad, echando un poco en el agua en que se cuecen, para facilitar la lavadura de ropa, preparándola en agua de tequezquite, en fin para hacer jabón, como uno de sus ingredientes, para lo cual dicen que no sirve el salitre" (9)

En Lagunilla (Colombia) describió yacimientos de sosa el famoso químico Boussingault; pero no hemos encontrado ninguna referencia sobre este particular anterior a la independencia de esta república.

III. LA OBTENCION DE LA SOSA A PARTIR DE PLANTAS BARRILLERAS

Al desaparecer el comercio de natron en el mediterráneo, como se ha indicado antes, fue sustituido por el producto resultante de la combustión de algunas plantas. Entonces se denominó Álcali fijo mineral. Se trataba de carbonato sódico, aunque éste no era el único componente. En España comenzó a llamarse soda, sosa y barrilla (10). Hoy pocas personas saben que la mayor parte de la sosa utilizada hasta las primeras décadas del Siglo XIX se obtenía quemando cierto número de vegetales en las costas mediterráneas, tal vez desde la dominación árabe. Tierras de las costas españolas de levante y de algunas zonas de interior, produjeron una barrilla muy apreciada. Sobre todo lo fue la sosa o barrilla de Alicante.

Las plantas barrilleras viven en salinas, saladares, saladas, salobrales, o marismas. El suelo de estas formaciones es muy abundante en sales solubles de sodio o magnesio, y provoca unos cambios en la vegetación que no suelen pasar desapercibidos a cualquier observador. Los saladares pueden ser costeros o interiores. Los últimos se encuentran en depresiones donde se acumulan aguas de lluvia o aguas surgentes de gran conductividad que disuelven las sales del suelo. Este tipo de suelo es muy restrictivo y en él crecen vegetales perfectamente adaptados fisiológicamente a estas contingencias. En algunos casos las especies de saladares han resuelto su supervivencia con glándulas foliares que excretan las sales de manera activa. En otros casos han desarrollado un sistema de acumulación de agua en las hojas para evitar el descenso en el potencial osmótico, que se produce al aumentar la concentración salina. Estos dos recursos biológicos, es decir,

la excreción de sales o la dilución de la concentración salina absorbiendo agua, son los mecanismos que provocan el alto contenido en sales de las plantas barrilleras, que al quemarlas provocan la formación de una cantidad apreciable de carbonato sódico.

Las ensenadas, salinas y saladares costeros tienen una composición florística muy semejante a los interiores, por ello se supone que estos últimos han sido colonizados por semillas de los primeros. La vegetación vivaz de los saladares suele estar constituida por vegetales de hojas y tallos carnosos. Siendo la colonización del saladar muy lenta, sus especies son muy vulnerables a los cambios edáficos. Éstos se producen por alteraciones del nivel freático, que provoca aumento o disminución de la humedad del suelo y por tanto de su salinidad.

Estos saladares, que hoy en día son ejemplos de máximo interés de la adaptación de los vegetales a la salinidad, constituyen un ecosistema específico en regresión y lastimosamente amenazado por la manipulación antropogénica de los freáticos. El valor que en la actualidad tienen los saladares para el estudio de los vegetales halófitos y la fauna acompañante no es comparable al que tenían cuando se utilizaban como fuente de sosa. Este provecho desapareció en las primeras décadas del Siglo XIX. Hasta entonces las plantas barrilleras se colectaron o cultivaron con el fin de obtener sosa, necesaria para la fabricación de vidrios, jabones duros y para blanquear y fijar los tintes en la industria textil. Hace casi 200 años que esta importante industria ha desaparecido por completo. No quedan artesanos barrilleros, los sencillos instrumentos que se utilizaban han desaparecido, no nos ha llegado ningún testimonio gráfico en forma de dibujo o grabado, y son pocos los testimonios escritos (11).

De todas las plantas que se quemaban la que daba mejor rendimiento y mejor sosa era la barrilla fina, llamada hoy científicamente *Halogetum sativus* y antes *Salsola sativa*, fué descrita científicamente por el discípulo de Linné Pehr Lofling durante su estancia en España a mediados del siglo XVIII (12) y dada a conocer al mundo científico europeo por Antoine de Jussieu en 1717 (13). Jussieu publicó una lámina dando a conocer la planta, ya que en el extranjero se conocía la sosa obtenida de ella, pero no la planta. Su habitat más idóneo según La Gasca son los cerros de Molinet y San Julián en las inmediaciones de Alicante (14).

Siendo esta especie la más apreciada hubo otras que se cultivaron con el mismo fin pertenecientes a los géneros *Salsola*, *Salicornia*, *Suaeda*, *Atriplex*, *Sarcocornia* y otros. Otras plantas que se utilizaron para fabricar sosa o para adulterarla fueron el llantén desparramado, la *Zostera* y algunas algas de los géneros *Sargassum* y *Fucus*. En las Canarias se introdujo una planta del litoral africano conocida como escarchada, que los isleños reducían a piedra quemándola con algazul o aguazul (*Mesembryantum sp.*) (15).

En América se utilizaban en lugar de jabón cuentas jaboneras, llamadas también cuentas de Santa Elena, como indica Nicolas Monardes:

"Embiéronme una caxeta hecha de corcho llena de cuentas muy redondas y negras con mucho lustre que parecen hechas de ébano; y son de un fruto que lleva un árbol no muy grande, más encorvado que derecho, al modo de carrasca, y lleva la hoja como helecho; y lleva un fruto redondo del tamaño de una nuez, cubierto con una carnosidad pegajosa,

la qual quitada queda una cuenta redonda y tan redonda que no puede ser mas, de color negra, durísima que si no es con martillo, o cosa durísima no se puede quebrar.

Sirve este fruto en lugar de xabón, en tanto que hazen más efecto dos o tres destos con agua caliente para enxabonar y limpiar la ropa, que haze una libra de xabón; que así alça su espuma y haze todos los efectos que haze el xabón, y así se van gastando poco a poco hasta quedar solamente las cuentas, que son sobre que se funda este fruto, las quales se horadan y se hazen dellas muy lindos rosarios, que parecen propiamente de ébano.."

(16)

Monardes , que no pisó tierras americanas , es muy explícito en su explicación. Casi con seguridad se trataba del árbol conocido vulgarmente en época colonial con el nombre de xaboncillo (*Sapindus saponaria*). De él dice el botánico Hipólito Ruiz que es "arbolito frondoso, de seis a ocho varas, cuyos frutos, llamados Bolillos y Choloques, constan de una cáscara xabonosa, de la qual se sirven los pobres, en lugar de xabón, para labar su ropa" (17). En Chile también se utilizaba para el mismo fin otra especie de la misma familia que la anterior denominada Árbol de Cuentas de Rosario (*Lagunoa nitida*) (18). A pesar de que en España se utilizaban ocasionalmente hierbas jaboneras (*Saponaria omcinalis*, que es la lanaria de Plinio, y *Samolus Valerandi*), que tenían la misma virtud de formar espuma con el agua, las cualidades de las cuentas jaboneras americanas la hacían comparable al jabón de la época. La equivalencia de tres cuentas con media libra (230 gramos) de jabón es muy significativa.

Aparte de la hierbas jaboneras americanas, en algunas zonas del virreinato del Perú se quemaron algunas plantas, similares a las barrilleras: "Lábrase [en Saña] mucha sosa o barrilla que allí llaman lico, de que hacen las lejías, y sacan mucho sebo de las cabras que compran en la provincia de Piura para engordarlas en ésta" (19).

A pesar de la confusión de la cita, que llama lico a lo que realmente se llamaba litho (20), la noticia es de interés ya que muestra como la ausencia de sosa en amplias regiones del Virreinato del Perú provocó el obtenerla quemando plantas. Es mejor inclinarse por la palabra litho como la más correcta, que es con el nombre que la denomina el botánico Hipólito Ruiz. No aclara por el contrario si el nombre dado a la planta es también el del producto obtenido. Lo cierto es que el litho es una planta de la familia de las aizoáceas. el *Sesuvium portulacastrum*. Esta planta se quemaba en zonas próximas a Ica en el Virreinato del Perú. En las proximidades de la ciudad de Concepción (chile) también es posible que se beneficiara alguna planta para obtener barrilla. A este respecto dice Hipólito Rúiz que "dicen que se cría la Barrilla o Sosa en la Costa [la de Concepción], pero yo no la he visto" (21). En Piura y en Mendoza la industria de tinas jaboneras fué muy notable (22).

En Nueva España también se quemaron algunas plantas para obtener sosa y se introdujo el cultivo de la *Salsola soda*. Humboldt al hablar de la Casa del Apartado de la ciudad de México en la que se fabricaba vidrio, ácido nítrico y se apartaba el oro y la plata dice:

"La pasteladura del vidrio se compone de 0,46 de cuarzo, que se saca de las vetas de Tlalpujahuá, y de 0,54 de so sa , que lo s i ndi os de X al tocan y del Peñol sacan de la incineración del *Sesuvium portulacastrum*, de varias especies nuevas de *Chenopodium*, de *Atriplex* y de *Gratiola*, que se hallarán descritas en la Flora Mexicana de los señores

Sessé y Cervantes y de la Salsola soda de Europa que se cultiva en el valle de México, ya para comerlo como legumbre, ya para reducirlo a ceniza. Esta sosa de Xaltocan tiene mezcla de mucho sulfato de potasa y de cal; de suerte que el carbonato de sosa [tequesquite] que se encuentra en eflorescencias en los terrenos arcillosos, casi en todas partes, sería mucho más a propósito para hacer el vidrio" (23)

No he podido encontrar una descripción del procedimiento que se siguió en América para quemar las plantas, pero es muy posible, que al ser una tecnología de origen español, fuera similar a la utilizada en la metrópoli.

En España el cultivo de la barrilla se extendió, no sólo por el litoral levantino, sino que en la segunda mitad del siglo XVIII alcanzó a tierras de los reinos de Granada, Sevilla, Aragón, y a una amplia zona de La Mancha. Para ello se recogían las flores en septiembre cuando la planta fructificaba. Estando la flor seca se limpiaba de cáliz y brácteas. Para ello se vareaba fuertemente para que expulsaran las semillas. Estas se sembraban en el litoral entre Octubre y Enero, y en el interior entre Marzo y Abril. Una vez picada la flor se le separaban los palitos y se dejaban los restos de flor y de brácteas. Así se desparramaba la semilla al voleo por los campos en día con algo de viento, luego se pasaba una tabla para enterrarla (24). A las 48 horas si todo iba bien germinaba la semilla. A veces había que darle alguna escarda para eliminar las malas hierbas. Cuando se cultivaba con cereal, si llovía se mantenía el cereal, pero si había sequía se escardaba el cereal. Otras veces se plantaba con adormideras, anís o cominos.

La planta llegaba a la sazón cuando estaba granada, es decir florecida y con los capullos abultados, y esto ocurría entre los meses de Julio y Agosto. Entonces se arrancaba con raíz y se dejaba tendida en montones de un metro y medio de altura por dos de base, que se llamaban garberones. Las hierbas se colocaban flojas para que se aireasen y secasen, cosa que se lograba en el transcurso de dos semanas. Si se pensaba quemar más adelante los montones eran mucho más grandes, también con la hierba hueca. Se llamaban garberas, y para protegerlas de la lluvia y de la humedad se cubrían de heno, paja o anea. Así se podía mantener uno o dos años.

Las plantas de barrilla una vez secas pasaban a ser quemadas. De esta operación solo contamos con descripciones. Hemos utilizado la de Mariano La Gasca y otras también de la misma época (25).

A los operarios encargados de fundir la hierba se les llamaba quemadores o maestros barrilleros. Procedían de zonas levantinas y se desplazaban a donde eran llamados. Solían recorrer el reino de Valencia y de Murcia; pero a veces llegaba hasta el de Sevilla. Su destreza en la elaboración no podía despreciarse, ya que los detalles que había que tener en cuenta no se aprendían con facilidad. Era una técnica llena de empirismo, donde la cantidad de fuego jugaba un papel esencial, puesto que el resultado podía ser una buena piedra de sosa o simples cenizas sin valor. Necesitaba el maestro barrillero un ayudante y cuatro o cinco peones, todos ellos a sus órdenes.

La quema de la barrilla era un trabajo muy penoso porque duraba de 28 a 40 horas en las cuales había que permanecer atentos para mantener el fuego adecuado y efectuar las operaciones pertinentes de hurgar y choquear la masa. Las precauciones que había que tomar con la hierba es que estuviera seca, sin poder estar húmeda o verde, ya que de lo contrario el caldo resultante de la fusión no adquiriría la consistencia deseada. La

combustión debía realizarse en días que corriera algo de aire, ya que si esta era lenta y con poca llama no derretía bien los tallos, que se convertían en carbón. Si se formaba este último había una considerable merma del metal y además se reducía el valor de la piedra resultante. También la combustión lenta aumentaba el número de jornales. Por todo ello maestro y ayudante se turnaban cada 6 horas para atender al proceso.

Se hacía sobre unos hoyos que se abrían en el mismo campo en que se sembraba la hierba. Se buscaba una zona de terreno bien cohesionado para que las paredes no se desprendieran al manipular la masa. En caso de no existir terreno apropiado se recubrían las paredes y la solera de tierra gredosa (caliza). Para realizar esta tarea se hacía una zanja circular cuyo diámetro interno fuera el que se deseaba dar al hoyo. Luego se procedía a verter en la zanja la tierra gredosa que se apisonaba, luego se sacaba el alma del molde. Una vez sacada la tierra se cubría también el fondo o solera del hoyo. Tenía el hoyo forma de marmita. El diámetro de la base era de 4 a 7 pies (aproximadamente entre 1 y 2 metros), el vientre algo mayor y la boca era más estrecha y sobresalía unos 10 centímetros. La profundidad del hoyo era de 3 a 4 palmos (0,69 a 0,93 metros). Este tamaño variaba según el de la piedra que el maestro barrillero tratara de obtener. Había piedras de 20, 30, 40 y hasta 50 quintales (1 quintal son 46,009 Kg). La Gasca señala, que una piedra de 30 quintales exigía un hoyo con una boca que tuviera un diámetro de 3 palmos valencianos y 2 dedos (73,625 cm.) y un vientre con un diámetro de 5 palmos y 4 dedos (32,98 cm.). Esta morfología del hoyo tenía que ver con la necesidad de mantenerlo muy caldeado mientras duraba la fusión de la hierba.

Para producir un quintal de piedra eran necesarios 4 de hierba seca. Cuando la barrilla se sembraba en la mejor tierra con 3 y medio era suficiente. El número de hoyos se hacía a la vista de la hierba que había que quemar.

Antes de empezar a quemar se daba una calda al hoyo. Luego se retiraba la ceniza y se llenaba el hoyo de hierba, colocándola hueca y que sobresaliera fuera del hoyo. Se tomaba la precaución de dejar dos huecos en la hierba, uno por donde soplaba el aire y otro por el lado contrario, con lo que se conseguía una combustión más rápida, completa y uniforme. Los maestros barrilleros más diestros, con la ayuda de una hoz arreglaban el montón de hierba consiguiendo que no se apelmazara, otros recurrían a quemar la hierba sobre varas verdes o barras de hierro colocadas en la boca del hoyo con el fin de que las plantas no cayeran al hoyo sin estar quemadas. El fuego se pegaba en la zona en que soplaba el aire y en la coronación del montón de hierba. Lo importante era mantener la combustión en el copete para que así cayera el producto de la combustión derretido al hoyo. Si el viento era débil se ponía menos hierba, y si era excesivo había que procurar que la hierba no se esparciera al quemarla. Si llovía la hierba utilizada era la del centro de los garberones.

La última operación después de quemar, era lo que se llamaba en Valencia la choca, que consistía en un hurgoneo de la masa derretida en el hoyo y posterior choqueo para aplastarla. Cuando en el fondo del hoyo había cuatro dedos de caldo de barrilla se comenzaba hurgonear y chocar. Su objeto era mezclar bien la pasta derretida, expulsar el aire o las burbujas, y dar una misma consistencia a la masa cuando esta llegaba a congelarse. En el comercio la uniformidad de la piedra era muy apreciada. El choqueo se practicaba tres veces a lo largo de la combustión. La primera cuando se había quemado la mitad de la barrilla, la segunda cuando se habían quemado los tres cuartos, y la última al terminar de quemar la hierba. La operación de hurgoneo se efectuaba con

unos palos parecidos a un timón de arado, aunque más delgados y ligeros cuyo extremo acababa en punta recubierta de una plancha de hierro, se les llamaba hurgones. El otro instrumento era la chueca, utilizada para chocar. Era un madero combado mas grueso en su extremo que tenía forma de cama de arado o cayado. Solía tener 7 a 8 pies de longitud (más de 2 metros) y era de madera de pino. Su extremo con el que se aplastaba la masa derretida estaba también protegido por una plancha de hierro para que no se dañase y quemase. A veces hurgones y chuecas se estribaban sobre un travesaño unido a dos pies derechos situados sobre el hoyo. Ambos instrumento podían moverse por el interior del hoyo y el operario no tenía que sostenerlos en vilo. Otros quemadores prescindían de estribar hurgones y chuecas.

El procedimiento de hurgoneo consistía en agitar la masa con los cuatro o cinco hurgones que había por hoyo. Se comenzaba en las orillas, moviéndolos todos al mismo tiempo y respetando el centro donde la hierba todavía no se había terminado de quemar. Cuando las orillas se habían hurgoneado a satisfacción del maestro, se clavaban los hurgones en el centro y sin separar las puntas los apartaban hacía afuera removiendo suavemente el centro. Así se conseguía que el centro, llamado pie, quedara bien quemado y fundido por arriba y por abajo. Finalizado el hurgoneo comenzaba el trabajo con las chuecas. Primero se apaleaba las orillas y una vez bien chocadas se procedía a ir chocando hacia el centro. El quemador decidía cuando terminaba la operación al comprobar que la masa era uniforme y sin burbujas de aire. Tras de la segunda y la tercera quema se procedía a hurgonear y choquear. La última chocada era la más trabajosa y en la que había que efectuar un mayor esfuerzo por las dimensiones y estado pastoso de la masa a manipular.

Una vez terminada la operación de quema, hurgoneo y choca, algunos acostumbraban a verter uno o dos cántaros de agua para facilitar la congelación y luego se cubría el hoyo de tierra. Otros tapaban directamente con tierra la masa resultante. Así se abandonaba la masa, que quedaba cuajada a las 48 horas. Después de este tiempo podía extraerse la piedra del hoyo. Era mas frecuente dejarla en el hoyo una o dos semanas, aunque su extracción podía dilatarse meses y hasta 1 o 2 años. Cuando la combustión había sido deficiente y la mezcla no era buena, lo que se obtenían eran cenizas o polvo que recibía el nombre de zorro.

La piedra obtenida tenía la forma del hoyo, de media vara de espesor (0,42 metms). La Gasca la describía así:

"Es sólida, de un gris azulado, claro, tirante al blanco, cuyos fragmentos tienen sonido claro casi metálico; agujeritos pequeños por encima, y en el centro un grano bastante fino, seca al tacto, sin olor ingrato, sabor salado alcalino; mojada despidе olor urinoso" (26).

Se hacía una zanja más profunda al lado del hoyo para sacar la piedra, que se partía con una almadana, en tres, cuatro o cinco pedazos (cada uno pesaba entre 200 y 300 kg.). Los que pesaban menos de 5 libras (2,3 Kg.) no pasaban al comercio porque en contacto con el aire se esflorecían y reducían a polvo. Los cosecheros lo que hacían era guardarlas y las añadían en la siguiente combustión junto con otros restos de cenizas, hojas y ramitas sobrantes de los garberones.

La barrilla obtenida además de carbonato sódico llevaba generalmente arena, salitre y algunas cenizas de plantas que no eran de barrilla fina. Estos productos cuya presencia era inevitable se convertían en mezcla fraudulenta cuando se añadían intencionadamente (27).

La producción de barrilla en España y su exportación son datos poco conocidos. Cuando La Gasca decía que "la barrilla fina había producido a la España más millones que las minas de Potosí y de Guanajuato" (28) estaba exagerando. Pero esta sentencia solo pretendía llamar la atención sobre la escasa importancia científica que se había dado a las plantas barrilleras teniendo en cuenta su gran incidencia económica. También pretendía llamar la atención sobre la decadencia de esta producción tras la guerra de la Independencia, y el peligro de ser substituida por la sosa artificial producida a partir de la sal común.

El botánico Cavanilles decía que la producción anual en el reino de Valencia a finales del Siglo XVIII era de 332.700 arrobas (aproximadamente 3.827 toneladas) . Las ciudades y pueblos que producían más barrilla eran Alicante, Pinós, Dolores y Crevillente.

La Gasca, utilizando los datos que le proporcionó el Jefe del Departamento de la Balanza de Fomento da la cantidad, para el quinquenio que va desde 1802 a 1806, de 581.708 arrobas anuales destinadas a la exportación (aproximadamente 6.691 toneladas) (29). Estas cifras corresponden a lo que salía por los puertos de Cataluña, Alicante, Cartagena, Málaga y Sevilla (excluyendo Cádiz y Aguilas). Indicaba también La Gasca que las exportaciones de productos similares y lo que salía de contrabando multiplicaba por 3 estas cantidades. Es decir, podían exportarse alrededor de 20.000 toneladas. De estas a Inglaterra llegarían 5.750 toneladas (30). Según Payen, Francia recibía barrilla por valor de 20 millones de reales, que a un coste de 22,5 reales la arroba, suponían 888.888 arrobas, es decir 10.224 toneladas aproximadamente (31).

En 1815, seguramente como consecuencia de la guerra, sólo salieron 27.932 arrobas, y el precio había bajado a la mitad (40 reales el quintal) (32). En 1834 se volvía a recuperar la exportación y se alcanzaban cifras similares a las del Siglo XVIII. Por el puerto de Alicante salieron 338.160 arrobas (3.889 toneladas) (33). En 1843 se exportaron 76.416 y en 1844 la cantidad fue de 84.388 arrobas (34). La caída definitiva se produce a partir de los años 60 del Siglo XIX. En 1862 la exportación por el puerto de Alicante fue de 4.864 arrobas, en 1865 de 2.732, y en 1870 de sólo 376 arrobas (35).

Era el final de una industria tradicional española que no pudo resistir los precios de la obtención de sosa por otros procedimientos. De hecho en 1845 la producción de sulfato de sodio, materia prima que servía para obtener sosa, en Cerezo del Río Tirón fue de 2.350 quintales (9.400 arrobas), y en otro yacimiento cerca de Cervera se sacaron en 1844 5.000 quintales (20.000 arrobas) (36). Poco a poco la producción de sosa tomaba otros derroteros. El desconocimiento que tenemos todavía sobre los rendimientos del cultivo de plantas barrilleras nos impide indicar cual fue la causa real de la decadencia del cultivo de las plantas y de la producción de barrilla (37), por otra parte tan apreciada en el mercado, sobre todo por los constructores de vidrios para instrumentos de precisión (38).

IV. LA PRODUCCION DE SOSA EN ESPAÑA DURANTE EL SIGLO XIX

Junto a los procedimientos tradicionales, que perduraron una buena parte del Siglo XIX, se explotaron yacimientos de sulfatos de sodio en varias provincias españolas. A la sosa obtenida de manera distinta a la de quemar plantas barrilleras se le llamaba barrilla artificial. El procedimiento de Leblanc era conocido en España. Prueba de ello es una noticia aparecida en la Revista Minera en que se ofrece la producción de sosa en South Lancashire, que se reproduce en este trabajo tomado de la Revista Minera. N. 299 (I de Noviembre de 1862) Tomo XIII. (1862). Igualmente se hace referencia al procedimiento y a las 50 fábricas inglesas, en unos comentarios de José Canalejas y Casas relativos a los productos de la industria química presentados en la Exposición Universal de Londres en 1862. La descripción del ingeniero Rafael de Amar de la Torre es también muy elocuente:

"Para fabricar la barrilla se empieza en todas partes por preparar con la sal común y el ácido sulfúrico el sulfato de sosa y después se extrae de este sulfato la barrilla artificial. España, por un especial privilegio, tiene minas de sulfato de sosa como son las de las cuencas del Tajo, Tajuña y Jarama; y al descubrirse estas minas se creyó por todos que la industria de la sosa tomaría una importancia inmensa en nuestro país, puesto que la naturaleza nos ofrecía formado ya el primer producto, el sulfato, cuya preparación en el resto de Europa representa la operación mas costosa en la fabricación de barrillas. Se hicieron en los puntos mencionados multitud de registros, abandonados hoy en su mayor partes y con la esperanza de poder vender directamente parte del sulfato para la fabricación del vidrio y dedicar el resto a la preparación de la barrilla, se establecieron varias fábricas de beneficio cerca de Ciempozuelos, en Aranjuez y otros pueblos inmediatos" (40).

Efectivamente, algunos años antes, se había pensado que la solución estaba en la utilización de la glauberita (sulfato de sodio), que se encontraba con facilidad en algunas cuencas fluviales próximas a Madrid. Así comentaba la prensa de la época la inauguración de una fábrica de cristalización de sulfato sódico en Ciempozuelos y la visita a otra de producción de carbonato sódico:

"Días pasados se verificó la inauguración de una fábrica de cristalización, que la sociedad El Amparo ha hecho construir en las ricas minas de sulfato de sosa que posee, próxima a la estación de Ciempozuelos. Lo mucho que antes de ahora se había hablado del descubrimiento de este fenómeno de la naturaleza, que así puede llamarse al magnífico criadero de aquel mineral, de una riqueza y abundancia sorprendentes. Llevó a varias personas. al propio tiempo que iba la Junta Directiva de la Sociedad a inaugurar oficialmente sus fábricas. Reunidos en Ciempozuelos cuantos componían la comitiva, se presentaron al poco rato en el río Jarama, que atravesaron en una linda barca... inmediatamente después....se inauguraron los trabajos de disolución, estrenándose una magnífica caldera de vapor, que funcionó admirablemente, llamando la atención el buen orden con que se hallan colocados un sin número de tinajas y de cristalizadores que han venido a transformar por completo las poco há desiertas riberas del Jarama....De regreso...visitó la fábrica establecida en Valdemoro para la elaboración de la barrilla y carbonatos, complemento del sistema en esta clase de fabricaciones; y recorriendo su vasto edificio pudo admirar la más sólida construcción de una elevadísima chimenea que sirve de desahogo a los magníficos hornos de fundición, y examinar la gran cantidad de barrilla que hay elaborada en sus almacenes.

Montadas ya estas fábricas, la una al lado de un cerro cargado de mineral, la otra situada en medio de la carretera que cruza por aquel pueblo y ambas a corta distancia del ferrocarril del Mediterráneo, la industria en nuestro suelo cuenta con un elemento poderosísimo, y de hoy mas no tendrá que pedirse al extranjero este artículo, cuyas aplicaciones en el comercio son tan conocidas como apreciadas" (41)

De esta noticia se desprende que en las proximidades del yacimiento solo se purificaba y cristalizaba el sulfato de sodio, y luego en Valdemoro se procedía a la calcinación de éste con carbón y creta .

A pesar de las buenas perspectivas que ofrecía el tener determinados yacimientos de sulfato de sodio, que obviaban la reacción del cloruro sódico con el costoso ácido sulfúrico, primera fase del procedimiento de Leblanc, la realidad era muy distinta. En primer lugar el sulfato de sodio no se encontraba puro, sino mezclado con sulfato de calcio. Para separarlo y obtenerlo más puro había que disolverlo, aclarar las lejías, luego cristalizar el sulfato y secarlo. Esta última operación requería bastante combustible que encarecía en extremo el beneficio. Después de la desecación del sulfato había que continuar el proceso, fundiendo en hornos de reverbero el sulfato con carbón y carbonato cálcico. El carbón utilizado era hulla y cuanto más fusible mejor para el proceso y el carbonato cálcico utilizado creta previamente molida y seca. La primitiva mezcla de Leblanc era 100 partes de sulfato de sodio, 100 de caliza y 50 de carbón. Desconocemos el detalle del proceso seguido en España y el tipo de hornos utilizados. Es muy posible que en la calcinación se utilizaran pequeños hornos de trabajo manual, que no tendrían grandes dimensiones. Los recomendados por Leblanc tenían una solera de 2 X 1,5 metros, pero luego tomaron mayor dimensión.

Los hornos de reverbero de forma elíptica utilizados en las fábricas de Leblanc tenían la solera o plaza de forma elíptica y estaba dividida en dos espacios (double couvette). En una la sal común se hacía reaccionar con el ácido sulfúrico para producir sulfato sódico. El ácido clorhídrico se despreciaba o se recogía en recipientes con agua. La segunda división del homo servía para tratar la mezcla formada por el sulfato de sosa, el carbonato cálcico (creta) y el carbón. El sulfato de sosa estaba groseramente dividido, la creta se añadía en polvo, y el carbón estaba pulverizado en una sexta parte, mientras que las restantes eran fragmentos. La segunda fase duraba de 6 a 8 horas. La descripción que sigue puede servir para ilustrar el proceso:

"Templado convenientemente el homo, se viene la carga y el obrero la extiende con un espetón de hierro, de manera que forme un lecho igual por toda la plaza; pasada una hora, se da una vuelta de derecha a izquierda y viceversa a toda la masa, verificando esto a intervalos semejantes, hasta tanto que siendo pastosa toda la masa, braceada mediante unas raederas de hierro, y produciendo una multitud de lamparillas azuladas [combustión del óxido de carbono], esté toda la pasta líquida muy suelta; entonces se la arrastra a la boca del homo; y en fin, se vierte en unos moldes cúbicos de hierro" (42)

En otros textos en lugar de la palabra espetón. aparece hurgón, que es muy posible que esté relacionado con un posible "contacto" de los antiguos maestros barrilleros o quemadores con los primeros operarios de estos hornos. Aunque resulta improbable que los maestros barrilleros pasaran a desempeñar esta función, no obstante ser muy parecida a la que hacían en los hoyos quemando barrilla, en las soleras de los hornos de reverbero de las nuevas fábricas de sosa.

La agitación mecánica que sustituyó posteriormente el celo e inteligencia de los operarios, es probable que no llegaran a montarse en las fábricas españolas.

El producto obtenido llamado cenizas negras, que estaba formado por carbonato sódico (más del 40 %) y otros compuestos, podía ser enviado así a los jaboneros y vidrieros. En otros casos por lixiviación se obtenía una parte soluble que contenía carbonato de sodio y sosa cáustica, y otra que contenía las impurezas de las que hay que destacar por su alta proporción el sulfuro cálcico y el carbonato cálcico. El primero de ellos era el causante al ponerse en contacto con el agua de lluvia de la formación de sulfídrico, que hacía irrespirable el aire de las proximidades de las fábricas de sosa por el procedimiento de Leblanc.

El resultado era un carbonato de sodio a precio muy elevado, que pronto no pudo competir con la sosa extranjera. En efecto, la sosa británica, cuya producción en 1860 se acercaba al millón de toneladas, comenzó a ser competitiva con la producida en España a partir de sulfato de sosa en la década de los años 60 del Siglo XIX:

"Las [minas] de sulfato de sosa, sobre todo, están amenazadas de una competencia ruinosa por los nuevos productos que la industria extranjera, principalmente la de Inglaterra, ha introducido en el mercado para reemplazar a las barrillas naturales y artificiales" (43)

Contrariamente a lo que se esperaba la explotación del sulfato no dio muy buenos resultados, a pesar de tener recorrido la mitad del camino del procedimiento de Leblanc.

Los yacimientos estaban en las provincias de Burgos (cerezo de Río Tirón), Logroño (Alcanadre), Zaragoza (Mediano), Valladolid, Madrid (Ciempozuelos y cuencas del Jarama, Tajo y Tajuña) y Guadalajara (cuencas del Tajo y Tajuña). Vilanova señala en un capítulo dedicado a los sulfatos solubles la thenardita (sulfato de sosa anhidro), descubierto por Rafael de Rodas en las salinas de Espartina en Aranjuez. Este mineral fue analizado por el químico José Luis Casaseca y se lo dedicó a su maestro el químico francés Thenard. En la zona de Aranjuez, en donde aparece en forma de costras se le llamaba mineral compacto. Se utilizaba como purgante, para la obtención de carbonato de sodio y para la fabricación de vidrio. Otro que cita es la exantolosa o sal de Glauber (sulfato sódico hidratado). Se encontraba en forma de depósitos en Cerezo del Río Tirón (Burgos), Andosilla (Navarra), Alcanadre (La Rioja), Cabezón de la Sal (Santander), Calatayud (Zaragoza), y en Aranjuez, Chinchón, Ciempozuelos y Colmenar de la Oreja (Madrid). Los usos eran los mismos que la thenardita. Por último cita la glauberita (sulfato sódico y cálcico), que se encontraba en Villarrubia de Santiago (Toledo) y en Ciempozuelos y Chinchón (Madrid). Sus usos eran los mismos que la de los minerales anteriores (44).

En 1865 solamente se explotaban en la provincia de Madrid los yacimientos de la margen izquierda del Jarama en los términos de Chinchón, Ciempozuelos y San Martín de la Vega y las de la margen derecha del Tajo de Colmenar de la Oreja. El beneficio del mineral se realizaba en Ciempozuelos, mientras que en Aranjuez y en Valdemoro se procedía a la obtención del carbonato de sodio. En Aranjuez, donde también había una fábrica de vidrio hueco, una empresa realizó por aquellos años algunas mejoras técnicas:

"La Sociedad francesa titulada Compañía de minas de sosa de Aranjuez ha estado y está haciendo esfuerzos para mejorar la fabricación de barrilla y ha aumentado algunos aparatos en su oficina con objeto de fabricar sosa cáustica para ver si puede luchar con alguna ventaja con la inglesa, lo cual parece poco probable en atención al subido precio del combustible en esta provincia, la dificultad del transporte en la corta distancia desde el punto de producción a la estación del ferro-carril teniendo que pasar a vado el río en algunas temporadas, además de otras razones expuestas anteriormente" (45)

Lo usual era que el beneficio de estos yacimientos fuera muy tradicional: "exceso en brazos y consumo de leñas", ninguna máquina de vapor, y transporte en caballerías desde el yacimiento a la fábrica y de esta a las estaciones de embarque. La descripción que sigue de las operaciones de beneficio del sulfato de sodio efectuadas en las fábricas de Cerezo del Río Tirón, posiblemente parecida a la efectuada en otros lugares, es muy ilustrativa de la precariedad de medios técnicos, si lo comparamos con las florecientes fábricas de sosa británicas de la época:

"La explotación se verifica a desmonte en todo lo largo de un escarpe formado a la orilla izquierda del Río Tirón. El mineral se encuentra en bancos alternantes con margas y yesos del terreno terciario.

Se reconocen en la localidad dos variedades, el charro y el canto. La primera es más fácilmente soluble en el agua y la segunda necesita para ser beneficiada sufrir una exposición mas o menos dilatada a las influencias atmosféricas, lo que la pone en estado de disolverse, formándose en la superficie una eflorescencia que va penetrando poco a poco en el interior. Una y otra variedad eran sometidas a la disolución en agua caliente, después de haber reducido los trozos por trituración al tamaño de una nuez. En la Singular Española conducen el agua caliente desde la caldera a unos zarzos [tejido de varas, cañas o mimbres que forman una figura plana] formados de mimbres sobre los que se coloca el mineral que remueven unos operarios con palas de madera, para facilitar la disolución. Esta se hace pasar por unas canales de madera a unas tinas donde se depositan las partes terrosas y adquiere el grado de saturación suficiente para pasar a los cristalizadores, que consisten en unas eras o compartimentos rectangulares hechos sobre el terreno y resguardados por un cobertizo. Bajo cada cobertizo hay varios cristalizadores de poco fondo, a los cuales se reparte el agua de las tinas por medio de sus correspondientes canales. En estos compartimentos se obtiene el sulfato puro y cristalizado, pero antes de entregarle al comercio, hay que hacerle sufrir otra operación con objeto de privarle de la humedad y del agua de cristalización. Para lo primero, se le somete sobre unas chapas de hierro a la acción de la llama que circula por bajo de aquellas, hasta salir por una chimenea común a diferentes hornillos. Lo segundo se consigue en unos hornos reverberos de plaza plana" (46).

Este proceso se venía haciendo en eras por evaporación espontánea y en pequeña escala. En otra fábrica situada en el mismo pueblo se recibían las aguas cargadas de sulfato sódico procedentes de diferentes fuentes. Luego se sometían a la evaporación forzada en calderas de hierro de donde pasaban a ser saturadas a las eras de cristalización (47).

En 1846 ya se habían construido en uno de los establecimientos de Cerezo los hornos para obtener el carbonato, aunque todavía no estaban en funcionamiento (48). José Grande pensaba ilusionadamente que ello impediría depender de las importaciones de sosa francesa (49)

El mineral era transportado desde el yacimiento, había por entonces cuatro minas propiedad de las Sociedades "Cerezana" y "La Constancia", hasta la fábrica a lomo de caballerías. De igual forma, transformado en estado de "tierra" o de "piedra", era llevado a las estaciones de ferrocarril de Briviesca o de Pancorbo, que eran casi equidistantes. El sulfato de sodio se vendía en las estaciones a un precio que oscilaba entre 43,50 y 54,25 reales el quintal. De allí era enviado por los compradores a las fábricas de vidrio de La Coruña, de Avilés y de otros lugares. Los mismos vidrieros se encargaban de transformar el sulfato en carbonato de sodio para utilizarlo en su manufactura. Este tipo de industria artesanal nunca llegaría a parecerse a la auténtica industria química que se había extendido por Inglaterra, Francia y Alemania.

A pesar del atraso técnico y de la dudosa rentabilidad de las minas de sosa, por estos años se explotaron nuevos yacimientos, como es el caso de tres o cuatro en el término de Villarrubia de Santiago en Toledo.

La mayor desventaja era, según los expertos españoles de la época, el precio del carbón. Para la producción de carbonato de sodio había que hacer reaccionar, como se dijo antes, el sulfato de sodio con carbonato cálcico y carbón. Este último costaba en España 30 escudos más por tonelada que en Inglaterra. Teniendo en cuenta que para obtener una tonelada de carbonato de sodio era necesario 2,25 de carbón, la diferencia en esta operación era de 67 escudos. Del alto precio del carbón en España se responsabilizaba a las altas tarifas del transporte por ferrocarril. En unos cálculos realizados por Amar de la Torre la tonelada de barrilla artificial (sosa) puesta en Madrid, si era española costaba el 30 % más cara que la Inglesa. Sólo con la bajada del precio del carbón a la mitad, la sosa española podría haber competido con la británica. Las soluciones para la bajada del combustible que se barajaban eran: eliminar derechos de importación, cobro reducido de su transporte por la vía férrea, y la esperanza de que el ferrocarril del Norte proporcionara carbón abundante y de calidad a más bajo coste.

El consumo de sosa no era mucho en España por aquellos años. Prueba de ello es que la importación se limitaba a 6.653 quintales (un quintal equivale a 46,009 Kg) en 1862, 5.885 en 1863 y 10.999 en 1864 (50), cuando la producción de sulfato de sosa fue de 50.217 quintales en 1862, de 80.899 en 1863 y de 118.217 en 1864 (51). Resulta difícil calcular el porcentaje de lo importado porque sería con seguridad carbonato y la estadística de lo producido se refería al sulfato de sodio obtenido al pie de los yacimientos. Con esta competencia de las sosas extranjeras, los yacimientos españoles de sulfato de sodio se dejaron de explotar y las fábricas de producción de carbonato de sodio se fueron cerrando. En la estadística de 1893 solo se indica la explotación de los yacimientos de Cerezo del Río Tirón. La producción ese año fue de 100 toneladas que valieron 750 pesetas a boca de mina.

La importación de sosa extranjera, cuyo coste era mucho menor que la producida en España incluso puesta en el centro de la península, acabó con la incipiente industria química española. Lo que en principio había sido una gran esperanza se transformó en una gran decepción. La carestía del combustible acabaron por hundir las empresas. Es posible que la falta de buenos químicos y técnicos también influyera en el fracaso.

V. LA PRODUCCION DE SOSA POR EL PROCEDIMIENTO DE LEBLANC

Como se ha indicado más arriba la situación en España hasta las últimas décadas del Siglo XIX fue el obtener carbonato de sodio a partir de sulfato de sodio, obteniéndose este último tras el beneficio de algunos yacimientos. Era la segunda fase del procedimiento desarrollado por Leblanc, del cual nos ocuparemos a continuación.

Nicolás Leblanc (1742-1806) ideó en 1789 el proceso industrial para la obtención de la sosa que lleva su nombre. Las razones que llevaron al desarrollo de este procedimiento son muy elocuentes para entender la estrecha relación entre la ciencia y la sociedad. Además este procedimiento está muy ligado al nacimiento de la gran industria química.

Hacia la mitad del Siglo XVIII la producción de sosa natural y de sosa obtenida de quemar vegetales no podía cubrir la creciente demanda de la fabricación de jabón y de vidrio. La pujante industria textil y la higiene personal, unidos al confort de la vida cotidiana demandaba ambos productos. En muchos casos la sosa era sustituida con éxito por potasa, entonces mas barata, para la saponificación. Los jabones potásicos blandos se podían convertir mediante la sal común en jabones sódicos.

Henry Louis Duhamel fue el primero que reconoció la diferencia entre las sales de sodio y potasio. En 1781 Keir de Tipton obtuvo sosa a partir de sal marina para afrontar sus necesidades en la producción de jabón (52).

En 1776 la Academie des Sciences de Paris ofreció un premio de 2.400 libras al mejor método que permitiera la obtención de sosa a partir de la sal común. El premio nunca se concedió, tanto por que los métodos propuestos resultaban escasamente viables, como por las turbulencias revolucionarias que rodearon aquellos años. El primer aspirante al premio, Malherbe, había prescrito la conversión de la sal común mediante ácido sulfúrico en sal de Glauber, y esta por calcinación con carbón de leña debería dar sosa. De la Métherie intentaba con su método convertir la sal de Glauber en sosa directamente por calcinación con carbón, desprendiéndose en la reacción bióxido de azufre. Como así se obtenía un rendimiento muy bajo en sosa, recomendaba este segundo autor descomponer el producto de la reacción - principalmente sulfuro sódico - con ácido acético y convertir el acetato por calcinación en sosa (53).

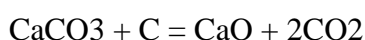
Estos procedimientos inaplicables llevaron a Leblanc hacia 1787 a proponer la reducción de la sal de Glauber con adición de caliza. Para desarrollarlo contó con la ayuda de un químico poco conocido llamado Dizé (54). Así nació un método práctico y viable para la obtención de sosa artificial; pero los cambios políticos perjudicaron el desarrollo de una industria de sosa artificial en Francia. Leblanc con la ayuda del Duque de Orleans instaló una fábrica en St. Denis en la región denominada por entonces Franciade, que llegó a producir diariamente entre 250 y 300 Kg de sosa. Después de la ejecución de Philipe-Egalité en 1793 al caer en desgracia, la fábrica fue confiscada y cerrada. Nicolás Leblanc, cuando pasó la tormenta revolucionaria, intentó inútilmente reclamar sus derechos sobre la misma, pero sus peticiones no fueron atendidas. Desesperado se suicidó en 1806. Su método para la obtención de sosa fue el fundamento de la gran industria química del Siglo XIX. Con la puesta a punto de este método se desarrolló la fabricación del ácido sulfúrico y del ácido nítrico, que eran necesarios en el proceso de la elaboración de sosa. Un producto secundario, el ácido clorhídrico, base de la industria del cloro, en forma de cloruro de calcio sería el blanqueante que conquistó la industria textil.

El método de Leblanc dado a conocer en 1794 en Inglaterra fue perfeccionado por J. Muspratt y se construyeron grandes fábricas a partir de 1823 (55). El dominio inglés sobre la producción de sosa duraría varias décadas. En Alemania la primera fábrica la instaló Herrmann en Schonebeck en 1840.

El procedimiento de obtención consiste en la fundición en hornos de llama de una mezcla de sulfato sódico, carbonato cálcico y carbón. Las proporciones de estos compuestos prescritas por Leblanc eran una parte de sulfato, otra de caliza y media de carbón. La reacción en dos fases es la siguiente:



Cuando tiene lugar la reacción principal se aprecia un aumento de temperatura; el carbón verifica una acción sobre el carbonato cálcico según la reacción:



Las llamas producidas por la combustión de óxido de carbono (llamadas candles en Inglaterra y lamparillas azuladas en España) teñidas de amarillo por el sodio indicaban a los operarios que la reacción había finalizado y por tanto se debía sacar la masa del horno. De lo contrario reaccionaban la sosa y el sulfuro cálcico según la siguiente reacción:



Entonces resultaban masas rojas o quemadas difíciles de lixiviar y de escaso rendimiento en sosa. Eran muy frecuentes en hornos movidos a mano; pero al aparecer los hornos mecánicos, que permitieron regular mejor la temperatura, el proceso se desarrolló con más éxito.

Las materias necesarias eran pues sulfato sódico, llamada en la antigüedad Sal de Glauber, caliza y carbón. Para preparar la primera era necesario tratar la sal marina con ácido sulfúrico ($2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SO}_4\text{H}_2 + 2\text{HCl}$). Este último era el producto más problemático del proceso, ya que se necesitaba en grandes cantidades y su transporte era costoso y difícil.

Como acabamos de ver para la obtención de sosa se necesitaban grandes cantidades de materias primas: carbón, sal común, caliza y azufre o sulfuros. En el caso de Inglaterra, que desarrolló una importante industria química de obtención de sosa por el procedimiento Leblanc, la producción dependía de la importación de azufre (56).

A mediados del Siglo XIX las fuentes más importantes de azufre conocidas estaban en varios lugares (Radoby en Croacia, Szwoswice, sur de Cracovia, Czarkow, Isla de Milo, Murcia, cerca de Apt en Vaucluse y en el Mar Rojo), pero el de Sicilia era el de mayor relevancia comercial en los comienzos de este tipo de industria química. En 1820 la industria de obtención de sosa consumió 5.000 Toneladas y en 1838 llegaron a ser 45.000. Entre 1834 y 1835 las fábricas Tennant de Glasgow y Muspratt de Lancashire compraron minas sicilianas, debido a la creación de un monopolio del azufre siciliano y a la subida subsiguiente de los costes. La obtención de sulfúrico se empezó a realizar a partir de piritas, primero de la montañas de Wiclów y posteriormente de las más ricas

procedentes de las minas de Río Tinto de Huelva. En 1862 el 90 % del sulfúrico usado en la industria química de la sosa procedía del tratamiento de las piritas, el 50 % de las cuales se obtenía de las minas de Huelva (57). También para la manufactura del ácido sulfúrico se necesitaba nitro (nitrato potásico). Este último se importaba desde Chile (salitre) y en las últimas décadas del Siglo XIX de las áreas desérticas de Perú y Bolivia.

La sal, producto esencial en el método de Leblanc, determinó generalmente la localización de estas industrias, aunque esta no fue la única razón para la ubicación de las industrias de producción de sosa por el procedimiento de Leblanc. La proximidad de calizas y de carbón, de la energía para calentar los hornos, y la proximidad a puertos para recibir las importaciones de salitre o de piritas también jugaron un importante papel en su ubicación.

Una de las mayores desventajas que tuvo a la larga el método Leblanc, como ya se ha indicado, fue el que tras la segunda fase del proceso el carbonato sódico había que extraerlo mediante lixiviación de la masa resultante de la última fundición. El producto resultante que no se disolvía en el agua, y por tanto se despreciaba, contenía una gran cantidad de sulfuro cálcico, que húmedo y enterrado en los escoriales de desecho se transformaba por un proceso anaeróbico en ácido sulfídrico. Las emanaciones pestilentes de este último hacía irrespirable el aire de las zonas próximas a estas fábricas.

En España no tenemos referencia de que se llegara a montar ninguna fábrica de producción de sosa en que el procedimiento de Leblanc fuera completo. Como se ha señalado antes, solamente existieron fábricas con hornos de reverbero donde se tostaban el sulfato de sodio, el carbón y la creta.

VI. EL METODO DE SOLVAY EN ESPAÑA

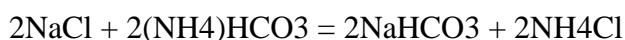
El procedimiento desarrollado por Ernest Solvay, procedimiento al amoníaco, se basa en la precipitación de bicarbonato sódico al reaccionar sal común, amoníaco, dióxido de carbono y agua

Las razones que determinaron la instalación de una fábrica de sosa por la empresa Solvay et Compagnie en Torrelavega a orillas del río Besaya fueron varias: la presencia de un yacimiento de sal en Polanco (fuente salina); la temperatura fresca de la zona necesaria para no elevar el gasto en refrigeración; minas de caliza en Quintana y Cuchía y de carbón en las proximidades; y por último la cercanía de puertos de embarque para la distribución de los productos elaborados. Tampoco estuvo alejada de esta decisión el hecho de que nuestro país dependía desde finales del siglo XIX de la sosa importada. En parte esta sosa era de procedencia inglesa. Desde 1865 se nota un aumento notable de las importaciones, y, sobre todo, a partir de 1875, en que la cantidad se estabiliza hasta finales de siglo (58).

La primera operación de la compañía fue la adquisición en 1903 de las minas de carbón de Lieres con el fin de asegurarse el suministro energético. La construcción de la fábrica empieza en 1904. La primera sosa se produce en el año 1908. Hoy sigue en marcha la fábrica, aunque su configuración ha cambiado casi completamente. El primer director de la fábrica fue Paul Alban.

Conviene, aunque sea brevemente, comentar algunas características de la obtención de sosa por el procedimiento Solvay, que poco a poco consiguió producir en competencia con la de las fábricas que usaban el procedimiento Leblanc.

El fundamento del proceso de fabricación de sosa por el procedimiento al amoniaco consiste en que si se mezcla carbonato ácido de amonio con una disolución saturada de cloruro sódico (salmuera o muera), se forma carbonato ácido de sodio (bicarbonato) con arreglo a la siguiente ecuación:



El bicarbonato sódico calcinado suavemente se descompone en carbonato sódico neutro (sosa) y anhídrido carbónico. El cloruro amónico destilado con cal da amoniaco. Tanto el anhídrido carbónico como el amoniaco vuelven al ciclo de la fabricación.

En 1838 obtuvieron una patente inglesa para un procedimiento de este tipo H.G. Dyar y J. Hemming. En 1839 Delaunay, agente de los anteriores en Francia, realizó una patente francesa con el mismo objeto, y en 1840 una similar pero mucho más detallada en la que se explica el proceso tal como hoy se practica en gran escala.

Antes de los trabajos de Dyar y Hemming era sabido que se podía preparar bicarbonato sódico mezclando disoluciones de sal común y de carbonato ácido de amonio, pero no se dio publicidad al procedimiento. Sin embargo, parece ser que se obtuvieron en 1836 en la fábrica de Turnbull y Ramsay 100 kilos diarios de sosa por este sistema. pero se abandonó el método transcurrido un año. Algo parecido pasó en la fábrica construida por Young para James Muspratt hacia 1840. Por aquellos mismos años Kunheim en Berlín, Seybel en Viena y, algunos años despues Bowker en Leeds trataron con sus ensayos vencer los graves problemas del proceso. Nuevas patentes empezaron a sucederse entre febrero y julio de 1854: Gossage, Turk, Schlösing y Deacon. H. Deacon y H. Gaskell construyeron en Widness una fábrica que llegaba a producir diariamente varias toneladas de sosa

Después de experimentar algunas pérdidas transformaron la fábrica y comenzaron a trabajar con el más seguro y probado procedimiento Leblanc. El fracaso también acompañó a Schlösing y Roland que construyeron en 1855 una fábrica cerca de París en Puteaux. Llegaron a producir más de 300 toneladas de sosa, pero la imperfección de las instalaciones les hizo desistir de la fabricación por este procedimiento (59).

El interludio sin nuevas pruebas o ensayos se prolongó hasta 1863, en que un hombre activo e inteligente, Ernest Solvay, consigue aplicar industrialmente el proceso que describieran en su patente Dyar y Hemming. Ese mismo año el emprendedor químico belga instala la primera fábrica, llamada "fábrica madre" en 1865 en Couillet. no lejos de Charleroi. Más adelante en Alemania serían iniciadores del proceso Honigmann y Gerstenhofer. En la primavera de 1874 se obtuvo sosa por el proceso Solvay en Winnington (Inglaterra) (60). En Francia en 1883 ya funcionaban fábricas en St. Denis, Kille, Dombasle, Sorrgues y Giraud. Luego las fábricas se multiplicaron, unas en combinación con Solvay y otras independientes de él (61).

En 1890 los precios de la sosa bajaron un 50 % (62). Hacia 1895 la cantidad de sal procesada por el procedimiento Solvay fue la misma que la utilizada por las fábricas que seguían utilizando el procedimiento Leblanc (63).

A España habían llegado también noticias del procedimiento. En 1858, durante el interludio en el que la actividad sobre el procedimiento había decaído, la Revista Minera en su sección de Variedades publica una breve nota en la que indica que la "extracción directa de la sosa de la sal marina....está basada en la acción química del amoníaco y del ácido carbónico sobre la sal marina" y da como autor del procedimiento a M. Schlaesing [Schlösing]. Explica que se ".hace pasar a una disolución de la sal común una corriente de amoníaco y otra de ácido carbónico, este último en exceso. De las sales que pueden formarse por las acciones químicas recíprocas, tales como el cloruro sódico, el cloruro amónico, el bicarbonato amónico y el bicarbonato sódico, el menos soluble es éste último. Como una consecuencia de la ley de Berthollet, esta sal se forma y deposita, se la recoge, se lava y se calcina para convertirla en carbonato sódico, en cuyo estado se emplea en el comercio" (64).

El proceso se puede resumir en la siguiente ecuación:



La reacción es reversible y tiene lugar, sobre todo a baja temperatura, de izquierda a derecha, porque en estas condiciones el bicarbonato sódico, que es poco soluble, se precipita; por el contrario a temperatura elevada. y en general, cuando se dan las circunstancias para la volatilización del carbonato amónico, la reacción tiene lugar en el sentido de derecha a izquierda. Igualmente una temperatura muy baja precipita tanto el bicarbonato sódico como, parcialmente, el cloruro amónico. Esta circunstancia es muy clave para el proceso. Otra es que la cantidad teórica de 110 a 115 Kg. de cloruro sódico para 100 Kg. de carbonato sódico de 97 a 99 %, debe ser muy superior (200 a 220 Kg.).

El procedimiento tiene diferentes partes. La primera es la preparación de la disolución de cloruro sódico. Se aprovechan las salmueras disponibles con la condición de que estén muy concentradas y de preferencia saturadas. Un procedimiento era hacerlas pasar por cajas con sal. Era muy importante el privarla de las sales de hierro, calcio y magnesio, para lo cual se utiliza el carbonato amónico. Para ello se utiliza agua de disolución que ha servido para el lavado de gases diluidos que salen de los carbonatadores .

La segunda operación es la preparación de la lejía salada amoniacal. Cuando se pone en contacto amoníaco gaseoso seco con una disolución saturada de sal común, se precipita ésta, a causa de su poca solubilidad en el agua amoniacal, y al mismo tiempo se dilata y calienta la disolución. Pero si para una nueva saturación se vuelve a hacer reaccionar la lejía clara con el amoníaco húmedo procedente de la descomposición del cloruro amónico, adquiere la salmuera una cantidad de agua tal, que se diluye considerablemente y es preciso agregarle más sal después de la saturación con amoníaco. Para este paso se utilizó el saturador de Fassbender y en 1872 Solvay diseñó un aparato específico.

El siguiente paso es el tratamiento de la salmuera amoniacal con dióxido carbono. Antes de este proceso la salmuera amoniacal hay que enfriarla, ya que la reacción con dióxido

de carbono produce desprendimiento de calor. El dióxido de carbono se obtiene en hornos donde se colocan alternadas capas de caliza, lo más rica posible en carbonato, y de cok, casi exento de azufre y que deje poca ceniza al arder. El cok más apto era el procedente de las fábricas de gas de alumbrado. El dióxido de carbono producido en el horno se enfriaba y lavaba de impurezas. Luego se inyectaba con máquinas soplantes por lo que debía enfriarse de nuevo.

Después se realizaba la precipitación del bicarbonato sódico. La torre de precipitación de Solvay fue la solución a las dificultades que presentaba esta parte del proceso, tan eficaz resultó, que en la actualidad todavía se emplea.

La posterior separación del bicarbonato sódico de la lejía de cloruro amónico, es una tarea que se hace muy bien a temperatura adecuada pues puede filtrarse debido al estado granudo-cristalino del bicarbonato sódico. Solvay extraía cada media hora el contenido de la torre de absorción haciéndolo pasar por filtros de vacío. Estos estaban formados por cilindros de hierro de 3 metros de diámetro y 1,5 de altura en los que había un emparrillado de paño de hilo o de lana cubierto por una tela metálica. Después de extraer el agua madre se regaba el bicarbonato con agua fría hasta quitarle el olor de amoníaco.

El tratamiento del bicarbonato sódico para convertirlo en carbonato neutro, se realiza en hornos de calcinación. También en este caso Solvay diseñó uno, aunque no suele usarse ya. Calcinada la sosa, se deja enfriar, se muele y se empacaba en barriles o en sacos.

El dióxido de carbono desprendido en la calcinación es enfriado en refrigerantes tubulares y luego introducido en la fabricación. El tratamiento de las lejías de cloruro amónico tiene por objeto la obtención de amoníaco volátil para la fabricación y la descomposición del cloruro amónico. Para ello Solvay destilaba las lejías con cal. Utilizaba la cal viva tal como se obtiene en los hornos de calcinación de caliza, o lechada de cal. Recomendaba apagar la cal con una disolución de cloruro cálcico o magnésico, porque de esta manera se obtiene un producto granujiento que reacciona más fácilmente con las lejías de cloruro amónico. También diseñó Solvay un aparato para la recuperación del amoníaco. El producto obtenido tras la destilación es cloruro cálcico, único residuo no reutilizable en el proceso.

AGRADECIMIENTOS

Para la confección de este trabajo he contado con la inestimable ayuda de mi buen amigo el ingeniero Miguel Giménez Yanguas, que me ofreció excelente información y algunas pistas para seguir la historia de la fabricación moderna de sosa, y de Don Manuel Bartolomé García de la empresa Solvay S.A., que amablemente me suministró información sobre la fábrica de Torrelavega y fotografías de la misma que ilustran este trabajo. La revisión de las cuestiones químicas se las debo a la amabilidad de mi amiga Carmen Acebal Sarabia.

NOTAS

1. L. Mumford: *Technics and Civilisation* (1934) pághs. 109-110
2. Cfr, *Histoire Naturelle de Plin*, avec la traduction de M. E. Littré, Paris. J.J. Dubochet, 1850. Tomo II, pág. 203. El vidrio reemplazó al lapice specularis o espejuelo de Segóbriga, cerca de Saelices en Cuenca. La causa de este cambio se debió a lo

prohibitivo que resultaba la extracción y transporte de las piezas de espejuelo hasta Roma

3. Cfr. Francisco Ximénez: *Quatro libros de la Naturaleza, y Virtudes de las Plantas, y Animales que están recevidos en el uso de la Medicina en la Nueva España*. México. Diego López Davalos. 1615, pág. 203
4. Cfr. Pedacio Dioscorides: *Acerca de la Materia Medicinal Traducido y anotado por Andres Laguna*. Salamanca. Mathias Gast. 1566, pág. 549
5. Cfr. Giovanni Francesco Gemelli Carreri: *Viaje a la Nueva España*. Estudio preliminar de Francisca Perujo. México. U.N.A.M. 1983, pág. 105. Esta edición es una traducción del Tomo VI del libro de Gemelli "Giro del Mondo"
6. Cfr. Antonio de Ulloa: "Descripción de una parte de Nueva España". Este documento se encuentra formando parte del libro editado por Francisco de Solano: *Antonio de Ulloa y la Nueva España*. México. U.N.A.M. 1987, pág. 119
7. Véase Francisco Ajofrín: "Diario del viaje que por orden de la Sagrada Congregación de Propaganda Fide hice a la América Septentrional en compañía de Fray Fermín de Olite, religioso lego y de mi provincia de Castilla" (1763). Biblioteca de la Real Academia de la Historia de Madrid. 9/3419
8. Véase Joseph Garcés y Eguía: *Nueva Teórica y Práctica del Beneficio de los Metales de Oro y Plata por Fundición y Amalgamación*. México. Mariano Zúñiga. 1802. En esta obra en el capítulo dedicado al "Cultivo de los tequesquites" dice Garcés que el mejor de todos para su método de fundición es el que se encontraba despojado de arena, pero unido a sal marina.
9. Miguel del Barco: *Historia Natural y Crónica de la California [Adiciones y correcciones a la noticia de Miguel Venegas]*. Edición de Miguel León-Pinilla. México. U.N.A.M. 1988, pág. 160
10. En el *Tesoro de la Lengua Castellana o Española (1611)* de Sebastián de Covarrubias, no aparece el término barrilla; pero sí el de soda: "Yerva de cuya ceniza se hazía el vidrio", y el de sosa: "cierta yerva de que se haze el vidrio".
11. Véase Joaquín Fernández Pérez e Ignacio González Tascón: "Las plantas barrilleras. La obtención de la sosa y la potasa" en *La Agricultura Viajera*. (Eds.) J. Fernández Pérez - I. González Tascón. Madrid. Lumweg. 1990, págs. 213-237
12. Véanse Ginés López González: "La obra botánica de Löffling en España" y Joaquín Fernández Pérez: "Tres apóstoles de Linné en Cádiz: Pehr Osbeck, Pehr Loöling y Clas Alströmer" en *Pehr Lofling y la Expedición al Orinoco (1754-1761)* (Ed.) F. Pelayo. Madrid, Sociedad Estatal Quinto Centenario. 1990, págs. 33-49 y 51-102
13. Antoine de Jussieu: "Histoire du Kali d'Alicante" *Memoires de l'Academie des Sciences*. 1717, págs. 73-78
14. Cfr. Mariano La Gasca: "Del cultivo y aprovechamiento de la barrilla, salicor, algazul, sosa y otras plantas saladas" en *Agricultura General de Gabriel Alonso de Herrera*. Madrid. I. Real. 1818, pág. 237
15. Una lista más completa de las especies que se quemaban en España puede encontrarse en Joaquín Fernández Pérez e Ignacio González Tascón: "Las plantas barrilleras.." op. cit. pág. 226
16. Nicolás Monardes: *Primera y Segunda y Tercera Partes de la Historia Medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias Occidentales que sirven en Medicina*. Sevilla. Alonso Escrivano. 1574, págs. 105 y 106
17. Véase *Relación Histórica del Viage que hizo a los Reynos del Perú y Chile el Botánico D. Hipólito Ruiz en el año 1777 hasta el de 1788*, en cuya época regresó a Madrid. Edición enmendada y completada por Jaime Jaramillo-Arango. Madrid. Real Academia de Ciencias. 1952. pág. 31

18. Ibid. pag. 338
19. Antonio Alcedo y Bejarano: Diccionario Geográfico Histórico de las Indias Occidentales o América. Es a saber de los reinos del Perú, Nueva España, Tierra Firme, Chile y Nuevo Reyno de Granada. Estudio preliminar de Ciriaco Pérez Bustamante. Madrid. B.A.E. 1967 (4 vols.) Tomo III, pág. 343. La primera edición de la obra de este ilustrado quiteño se publicó en Madrid entre 1786 y 1789
20. Cfr. Relación Histórica del Viage que hizo a los Reynos de Perú y Chile el botánico Don Hipólito Ruiz.. op. cit. pág. 55
21. Ibid. pág. 270
22. Susana Aldana: Empresas coloniales. Las tinas de jabón en Piura. Lima. 1988. En este libro se indica que las lejías utilizadas para abastecer las almonas piuranas se obtenían haciendo pasar agua por las cenizas de la hierba "lito" (pág.36)
23. Cfr. Alejandro de Humboldt: Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España. Estudio preliminar de Juan A. Ortega y Medina. México. Porrúa. 4ª Edición. 1984. pág. 459
24. Véase Joseph Antonio Varcárcel: Agricultura General, y Gobierno de la Casa de Campo. Valencia. José Estevan y Cervera. 1795, Tomo X, pág. 33
25. Los artículos sobre la barrilla no son muy abundantes, aunque en la mayoría de los tratados de química o de artes e industrias de la época se hacía alguna alusión a ella. Los detalles sobre su elaboración suelen ser bastante imprecisos, como es el caso del artículo Soude de la Encyclopedie Methodique. Arts et Métiers Mécaniques. El más importante es uno de Mariano La Gasca: "Del cultivo y aprovechamiento de la barrilla, salicor, algazul, sosa y otras plantas saladas", que es una adición en la Agricultura General de Gabriel Alonso de Herrera. Madrid. I. Real. 1818, págs. 228-311. Existe un folleto también de Mariano La Gasca titulado Memoria sobre las plantas barrilleras de España. Madrid. I. Real. 1817. Este folleto es exactamente igual que la adición antes citada, salvo unas páginas introductorias "al lector" donde el célebre botánico explica como entre 1810 y 1813, cuando ejercía de médico militar, y estando su regimiento por tierras de Cuevas de Overa, Orihuela y Murcia, comenzó a interesarse por las plantas productoras de sosa. La dificultad que supone encontrar hoy este folleto para los lectores me mueve a citar las páginas del que se encuentra inserto en la edición de la "Agricultura de Herrera". También revisten interés sobre este asunto los artículos siguientes: "Carta sobre el cultivo y provechos de la barrilla" (de un agricultor de Níjar llamado Manuel Eusebio García) Semanario de Agricultura y Artes. 1799, Tomo V, págs. 3-11; Claudio Botelou: "Del nombre y cultivo de la planta llamada vulgarmente salicor en la Mancha". Seminario de Agricultura y Artes. 1806, Tomo XII, págs. 113-118 y 137-142; Joseph Antonio Valcárcel: Agricultura General, y Gobierno de la Casa de Campo. Valencia. José Estevan y Cervera. 1795, Tomo X, págs. '840; Rozier: Curso Completo o Diccionario Universal de Agricultura. Traducido por Juan Alvarez Guerra. Madrid. I. Real. 1799 (la edición iniciada en 1842 de este mismo diccionario incluye un apartado, que no aparece en la primera edición, que es copia casi literal del artículo de La Gasca, y como es frecuente no aparece citada la procedencia. El viajero y diplomático Jean Francçois Bourgoing señala, aunque de manera muy escueta, algunos datos sobre la elaboración de la barrilla en su Nouveau Voyage en Espagne ou Tableau de l'etat de cette Monarchie. Paris. Regnault. 1788, Vol. II, pág. 53
26. Cfr. Mariano La Gasca: "Del cultivo y aprovechamiento de la barrilla.." op. cit. pág. 247
27. Véase sobre fraudes en la barrilla el artículo de Joaquín Fernández Pérez e Ignacio González Tascón: "Las plantas barrilleras. La obtención de la Sosa y la Potasa" op. cit.. págs. 213-237

28. Cfr. Mariano La Gasca: "Del cultivo y aprovechamiento de la barrilla.." op. cit. pág. 229
29. Estos datos están sacados de Antonio José Cavanilles: Observaciones sobre Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reyno de Valencia. Madrid. I. Real. 1795-1797 (2 vols.)
30. Datos que aparecen a pie de página en el artículo de La Gasca op. cit. págs. 250 y 251
31. Cfr. Anselmo Payen: Curso de Química Elemental e Industrial. Traducido por Antonio González Bustamante y Miña. Madrid. Vda. de Calleja. 1842. Tomo I, pág. 277
32. Cfr. Mariano La Gasca: "Del cultivo y aprovechamiento de la barrilla.." op. cit. pág. 251
33. Estos datos están sacados de material documental por J. Piqueras: La Agricultura valenciana de exportación y su formación histórica. Madrid. Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y Alimentarios. 1985, págs. 29-32
34. Ibid. pág. 31. Madoz indica en su Diccionario, muy posiblemente cayendo en un error, que en 1843 salieron por el puerto de Alicante 1.564 arrobas y 2.436 en 1844.
35. Ibidem. Estos datos están obtenidos por J. Piqueras del Legajo 2.220 de la Sección de Hacienda del Archivo Histórico Nacional de Madrid.
36. "Memoria sobre el Estado de la Minería del Reino en fin del año 1845, presentada al Gobierno de S.M. por el Director General del Ramo" Anales de Minas, Tomo IV, págs. 403-506, 1846
37. Véase sobre la productividad de la barrilla lo que se apunta en el artículo de Joaquín Fernández Pérez e Ignacio González Tascón: "Las plantas barrilleras.." op. cit. pág. 233
38. La Gasca indica que el fabricante de instrumentos de precisión inglés Dollond, tal vez John Dollond, había realizado un dictamen en el que indicaba que la barrilla de Alicante era la máqs indicada para obtener vidrios diáfanos a pesar de sus impurezas.
39. Cfr. José Canalejas y Casas: Anuario de los Progresos Tecnológicos de la Industria y de la Agricultura. Madrid. L. Bailly-Bailliere. 1863. Tomo II, pág. 153
40. Cfr. Revista Minera. Tomo XVII, págs. 140 y 141. 1866
41. Cfr. Revista Minera. Tomo IX (1 de Mayo de 1858), págs. 302 y 303
42. Cfr. Ramón Torres Muñoz: Tratado de Química General y Descriptiva. 5ª Edición. Madrid. R. Fe. 1885, págs. 571 y 572
43. Cfr. Revista Minera: "Estadística Minera de España correspondiente al año 1863". Tomo XVII, pág. 140. 1866
44. Todos estos datos están sacados de Juan Vilanova y Piera: "Salinas de Villarrubia de Santiago" Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, IV, págs. 89-93, 1875 y en La Creación. Historia Natural. Barcelona Montaner y Simón. 1876, Tomo VIII, págs. 58 y 59; y Salvador Calderón: "Origen de la sal común y de los sulfatos de los terrenos terciarios lacustres de la península" Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, Tomo XXIV, págs. 337-362. 1896
45. Cfr. Revista Minera. Tomo XIX, pág. 377. 1868
46. Cfr. Revista Minera. Tomo XIX, págs. 169 y 170. 1868
47. Véase José Grande: "Sobre el Estado de la Minería del Distrito de la Provincia de Burgos en Agosto de 1846" Anales de Minas, Tomo IV, págs. 235-249, 1846
48. Ibidem pág. 245
49. Ibidem
50. Cfr. Revista Minera, Tomo XIX, pág. 108. 1868
51. Revista Minera. Tomo XIX, pág. 22. 1868
52. D.W.F. Hardie y J.D. Pratt: A History of the Modern British Chemical Industry.

- 1966, pág. 19
53. C.C. Gillespie: "The Discovery of the Leblanc Process" *Isis*, 48, págs. 152-178, 1957
54. Véase J.R. Partington: *The Alkali Industry*. 1919
55. Para un mayor detalle del desarrollo de la industria de la sosa en Inglaterra véase Kenneth Warren: *Chemical Foundations: The Alkali Industry in Britain to 1926*. Oxford. Clarendon Press. 1980.
56. Véase Kenneth Warren: *Chemical Foundations...* op. cit. págs. 33-36.
57. *Ibid.* pág. 35.
58. *Ibid.* pág. 189.
59. Véanse *Gran Enciclopedia de la Química Industrial Teórica, Práctica y Analítica (Química de Muspratt)*. Barcelona. F. Seix. s.a. Tomo XII, págs. 711-776, y 60. "Enciclopedia de Química Industrial" Dirigida por el Prof. Dr. Fritz Ullmann. Versión de José Estalella. Barcelona. G. Gili. 1931. Tomo III, págs. 505-546
61. Cfr. Kenneth Warren: *Chemical Foundations...* op. cit. pág. 103
62. Véanse Jacques Bolle: *Solvay. El invento, el hombre, la empresa industrial*. 1863-1963. Bruselas. Ed. Weissenbruch. 1963 y Maxime Rapaille: *Solvay. Un gigante*. Bruselas. Didier Hatier. 1990
63. W.F.L. Dick: *A Hundred Years of Alkali in Cheshire*. 1973, pág. 123
64. Cfr. Kenneth Warren: *Chemical Foundations...* op. cit. pág. 163.
65. *Revista Minera*. Tomo IX, Pág. 719. 1858