

LA INDUSTRIA QUÍMICA DE LA SOSA POR EL PROCEDIMIENTO AL AMONIACO: UNA NUEVA PERSPECTIVA HISTORIOGRÁFICA¹

Ángel Toca

Unidad de Historia de la Ciencia. Universidad de Cantabria

Palabras clave: *industria química, sosa, procedimiento al amoníaco, Solvay.*

The ammonia-soda process chemical industry. A new historiographic perspective

Summary: *The history of the ammonia-soda process and their industries is still unknown. This paper tries to reply some technical questions of this history and explain how Solvay obtained the main alkalies' market in Europe.*

Key words: *Chemical Industry, Ammonia-Soda Process, Solvay.*

Los comienzos del siglo XIX marcan el nacimiento de la moderna industria química con la aparición a gran escala, primero en Francia y después en Gran Bretaña, de las plantas de obtención de sosa (carbonato de sodio) mediante el método Leblanc. Las crecientes necesidades en el suministro de la sosa que presentaban las industrias de textiles, jabones y vidrio, junto con un mayor dominio del propio proceso, hicieron que la industria Leblanc se manifestase hegemónica durante una gran parte del siglo XIX.

El enorme valor añadido que la sosa tenía incentivó la búsqueda de nuevos métodos de producción. Desde principio de siglo XIX se conocía la obtención de la sosa por el método al amoníaco desde el punto de vista experimental. Tras varios intentos infructuosos, el método alcanzó la escala industrial con la aparición de la figura de Ernest Solvay, el cual comenzó su actividad productiva en una pequeña planta levantada en las proximidades de Charleroi (Bélgica) en 1864. Esta manera esquemática de presentar la evolución de la industria química de la sosa, con la aparición de la figura triunfante de Solvay sobre los demás, es lugar común en muchas Historias, desde la de la propia Química (BENSAUDE-VINCENT, STENGERS, 1995; BROCK, 1992), hasta las de la Economía (LANDES, 1969) y de la Técnica (SINGER *et al.*, 1958).

Este tipo de historias, contadas desde el punto de vista del ganador debería plantear

¹ Quiero agradecer a la organización de las V Trobades todas las facilidades que me dio para poder acudir a tan interesantes encuentros. Así mismo quiero agradecer al Dr. Agustí Nieto Galán (Universitat Autònoma de Barcelona) y al Dr. Luis García Ballester (Universidad de Cantabria) los consejos y dedicación que prestan a este proyecto de investigación.

igualmente algunas dudas que convendría resolver. Por ejemplo y ajustándonos al caso Solvay, ¿hubo productores de sosa al amoníaco que compitiesen con Solvay? ¿Producían de manera eficiente o no? ¿Cuál fue la causa real de su desaparición? ¿Fue Solvay siempre original o acudió inicialmente a formas de producción ya conocidas? ¿Fueron sus mejoras siempre propias o fue producto de algunas anteriormente ensayadas? ¿Sólo se explica la superioridad desde el punto de vista científico-técnico o hay otros elementos de mercado detrás de la desaparición de los distintos competidores? Intentaremos dar respuesta a algunas de estas preguntas, de manera que podamos contemplar un desarrollo más ajustado a la realidad histórica de su tiempo.

Previo a cualquier disquisición que podamos hacer conviene manifestar algunas cosas que creemos interesantes. En primer lugar, que el acercamiento que desde aquí proponemos, ha sido realizado desde un conocimiento limitado de la bibliografía de la época. En segundo lugar, la historia de los primeros tiempos de la industria Solvay está aún por contar; se desconoce mucho de los orígenes y tan sólo se dispone de algún breve intercambio epistolar que no acaba por arrojar la suficiente luz sobre el nacimiento y primeros tiempos de la empresa desde el punto de vista técnico y científico.²

Los primeros intentos³

El proceso de obtención de sosa al amoníaco ha utilizado a lo largo de su desarrollo diferentes materias primas. Los primeros intentos a escala reducida utilizaban bien el carbonato bien el bicarbonato de amonio junto a la sal. Dado que los dos primeros se obtenían como subproductos en las plantas de coque, eran unos productos escasos y caros. Posteriores métodos fueron introduciendo el dióxido de carbono y el amoníaco como sustitutos: el primero podía obtenerse de la combustión del coque o de la descomposición térmica de la caliza; el segundo seguía necesitando subproductos de las coquerías como el sulfato de amonio.⁴ De ahí que los métodos buscasen el perfeccionamiento a través de la reducción de las pérdidas de amoníaco en el proceso, reutilizándolo a partir del subproducto del mismo como es el cloruro de amonio. Junto con el cloruro de amonio se obtenía bicarbonato de sodio, el cual por descomposición producía la sosa y dióxido de carbono que podía volverse a utilizar.⁵

² Alguna descripción más detallada sobre los aspectos económicos y financieros de los orígenes empiezan a conocerse ya. En este punto también existían ciertos mitos, sobre todo en lo que respecta al papel jugado por la familia de Ernest y Alfred Solvay en los tiempos difíciles de 1865-66. Despy-Meyer, A.; Devriese, D. (eds) (1997). Dada la importancia que el nacimiento de este proceso tiene en la Historia de la Industria Química, y en el de la propia Química, convendría que el estudio desde el punto de vista técnico fuese abordado ya, a punto de cumplirse los 150 años del nacimiento de la empresa.

³ La descripción más detallada de la evolución histórica del método de obtención de sosa al amoníaco la hemos encontrado en Haber (1969).

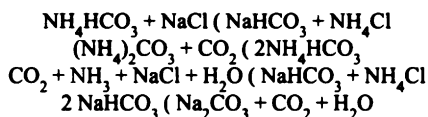
⁴ Este producto tenía además un gran interés como abono agrícola, lo que encarecía su utilización.

⁵ Estas reacciones podrían esquematizarse de la siguiente manera:

La primera aplicación industrial tras las primeras descripciones de Auguste Fresnel y Vogel (1811 y 1822 respectivamente) data de 1836 y fue obra del italiano Gerolamo Forni, farmacéutico de Milán. Posteriormente está la descrita por el inspector general de las fábricas de productos químicos de Inglaterra, R. Angus Smith, según el cual John Thom realizó en 1837 ensayos a escala reducida en el laboratorio del profesor Graham en Glasgow.⁶ Un año después realizó un intento a escala mayor en el interior de la factoría escocesa Leblanc de Turnbull y Ramsay, siendo capaz de producir 100 kg diarios de sosa mediante un proceso que consistía en mezclar la sal con bicarbonato de amonio sólido, prensar la masa y expulsar el cloruro de amonio que aparecía como subproducto del proceso (HABER, 1969: 87; WURTZ, 1908: 526).

La primera patente industrial concerniente al procedimiento fue tomada en Inglaterra por Harrison Grey Dyar y John Hemming el 30 de junio de 1838 con un equipamiento muy elaborado para la recuperación del amoniaco, por tratamiento del cloruro de amonio con caliza. Obtenían el bicarbonato de sodio a partir del carbonato de amonio⁷ y de la sal común. Un certificado de adición a la patente realizado por Canning, en abril de 1840, recomienda por primera vez la utilización de una corriente de dióxido de carbono para precipitar el bicarbonato, además de describir varias fases del proceso.⁸ Las primeras pruebas de Dyar y Hemming realizadas en Whitechapel (Cheshire) despertaron la curiosidad de los productores británicos Leblanc, los cuales se dieron cuenta que una reducción de las pérdidas de amoniaco al 10 % haría el método rentable. Los intentos acabaron en fracaso, aunque se introdujeron novedades importantes como la inyección del dióxido de carbono bajo presión por parte de Deacon (1854).

A partir de las pruebas realizadas por Dyar y Hemming, se desarrollaron numerosas tentativas en Inglaterra, Francia, Alemania y Bélgica.⁹ En Francia Théodore Schloesing (quí-



⁶ *Soude et Produits Chimiques* (1910), 19.

⁷ La recuperación de los compuestos amoniacaes en forma de sulfato o de carbonato de amonio, consistía en una fuente adicional de ingresos para las plantas de coquización de la hulla y para las plantas generadoras de gas, como ya hemos indicado. Campbell (1971), 52-3.

⁸ Noticias sobre éstas y otras patentes han sido recogidas en: Scheurer-Kestner (1886), 303. En el citado artículo, el autor agradece a M. Solvay la información sobre las patentes del proceso, lo que hace sospechar que éste estaba bien informado de todos los primeros intentos que precedieron al suyo. Dependiendo del momento en el que Ernest Solvay se hiciese con esta información, quedaría en entredicho su supuesta ignorancia que los biógrafos han señalado respecto a la situación de la industria de la sosa al amoniaco justo en el momento en el que él introdujo su patente en Bélgica, en 1861. Una lectura atenta del material del que dispuso durante su juventud podría arrojar luz sobre este asunto.

⁹ Entre las menos conocidas se encuentran las desarrolladas por Kunheim en Berlín, por Seybel en Viena y por Bowker en Leeds. Bolle (1963), 48-50. La iniciativa belga se desarrolló cerca de Vilvorde hacia 1842. En Francia, la Sociedad de las Salinas de Sommervillers, cerca de Nancy, instaló el procedimiento Turck en 1854. *Soude et Produits Chimiques* (1910), 20.

mico) y E. Rolland (ingeniero) toman nuevas patentes para la obtención de la sosa. Sin ninguna duda, este procedimiento marcará el comienzo del método a escala industrial, tanto por las innovaciones introducidas en forma de aparatos como por la obtención de un proceso continuo de fabricación.¹⁰ La patente de Schloesing y Rolland reemplaza el bicarbonato de amonio obtenido por otros métodos por el dióxido de carbono y el amoníaco. En 1855 constituyen una sociedad para explotar el procedimiento a escala industrial, construyendo para tal fin una planta piloto en Puteaux, en las proximidades de París. Introdujeron una modificación sobre el procedimiento que consiste en formar primero una salmuera amoniaca, y después saturar esta con dióxido de carbono. El carbonatador consistía en sucesivos cilindros colocados uno detrás de otro e interconectados entre sí para que salmuera y dióxido de carbono circularan en contracorriente, y en los que un agitador aseguraba la mezcla íntima entre los reactivos. La planta de Puteaux nunca pasó de ser una planta de prueba y se llevó más de un millón y medio de francos en éstas, lo que la llevó a su cierre en 1858.

La aparición de Solvay

Los perfeccionamientos han ido sucediéndose paulatinamente hasta llegar a la patente de Schloesing y Rolland. La similitud que los primeros aparatos Solvay muestran respecto al modelo Schloesing-Rolland, o la introducción de elementos ya ensayados como la inyección del dióxido de carbono a presión nos hacen pensar que Ernest Solvay tenía un buen conocimiento de la evolución de este método de producción de sosa. La épica del nacimiento de la empresa, con los continuos ensayos y fracasos que a punto estuvieron de echar por tierra el trabajo de los hermanos Solvay, o la pretendida genialidad del inventor belga que hace surgir de la nada un proceso eficiente donde otros habían fracasado,¹¹ es sustituida por una historia de perfeccionamientos y mejoras continuos que encuentran en Solvay un eslabón más de esa cadena.

El comienzo de la aventura de los hermanos Solvay se localiza en una pequeña planta piloto levantada en Schaarbeek (a las afueras de Bruselas), en donde realizaron ensayos que dieron resultados satisfactorios. Ernest compagina estos ensayos con su trabajo en la fábrica de gas que su tío Louis Semet tiene en Saint-Josse, lo que le permite entrar en contacto con el problema de la recuperación de las aguas amoniacaes. Precisamente esta recuperación será la clave de la primera patente que presenta Ernest el 15 de abril de 1861 con la presenta-

¹⁰ De su importancia da constancia el diploma de honor que recibieron en la Exposición Universal de Viena de 1873, al ser considerados como los primeros promotores del método. En esta misma Exposición Solvay recibirá la medalla de oro por la calidad de su producto, distinguiendo a Ernest con el diploma de honor por ser el primero en salvar las dificultades que el método imponía tanto desde el punto de vista químico como el de la ingeniería del proceso. Wurtz (1869), 1558-9. Todos los intentos anteriores a Schloesing y Rolland han ido desapareciendo en las sucesivas Historias, siendo las menos las que acaban por mencionar a estos últimos, como así se puede ver en Hohenberg (1967), 73.

¹¹ «(...)Todas las grandes personalidades habían fallado en la puesta a punto del método, debido a las grandes dificultades que implicaba llevar esas reacciones del laboratorio a la planta». Versiones como ésta son comunes en casi toda la bibliografía. Reader (1970), 44.

ción del destilador de amoníaco,¹² patente que por otra parte nada indica sobre el tipo de reactor utilizado para la obtención de la sosa. Tras realizar consultas con profesores de la Universidad Libre de Bruselas sobre la viabilidad del proceso y de recabar el apoyo financiero que su empresa necesitaba, Alfred y Ernest Solvay en compañía del abogado Eudore Primez¹³ crean el 26 de diciembre de 1863 la Sociedad en comandita simple Solvay et Cie. Levantan la planta en Couillet y comienzan las pruebas con la finalidad de poner en marcha la planta. Numerosos problemas aparecidos en los distintos aparatos hacen que la iniciativa se quiebre y cierre a mediados de 1865. Tras reunir el capital y las energías necesarias para un nuevo intento, la actividad que produciría el triunfo definitivo comenzó en enero de 1866. Hacia febrero habían alcanzado los 1000 kg/día de sosa, en julio los 1300 kg/día y en agosto los 1500 kg/día.

¿Qué tipo de reactor permitió el triunfo de Solvay? La historia comúnmente aceptada habla de la columna Solvay como el elemento distintivo del proceso; sin embargo la primera columna no comenzó a producir de manera regular hasta julio de 1869, momento en el cual la empresa producía 3000 kg diarios de sosa. Bolle habla de la sucesiva instalación de sistemas borboteadores desde verano de 1866 hasta el verano de 1869 y el documento Acheroy (ACHEROY, s.d.: 5), colaborador y compañero de Ernest Solvay, es el que nos da la clave sobre estos borboteadores. Se trata de una disposición idéntica a la que ya hemos encontrado en el proceso Schloesing-Rolland: un sistema horizontal de reactores en serie por los que circulan en contracorriente la salmuera amoniacal y el dióxido de carbono, aunque a diferencia de éste, no existía agitación mecánica y el dióxido de carbono era inyectado en la parte baja de cada reactor. Y es este sistema el que asegura el éxito de la empresa antes de la aparición de la famosa columna Solvay. Este mismo documento muestra como se produjo la superposición vertical exacta de los diez reactores que constituían un sistema de borboteadores para formar la primera columna Solvay, coincidiendo las dimensiones de ésta con la de cada uno de los reactores por separado (1 m de alto por 0,8 m de diámetro de cada reactor, frente a los 10 m de alto y 0,8 m de diámetro de la primera columna).

Los competidores

La aplicación industrial del procedimiento al amoníaco es sobre todo una cuestión de aparatos, y se ha acostumbrado a designar por el nombre de los inventores que lo han resuelto con éxito, especialmente MM. Schloesing y Rolland, Solvay, Boulou-

¹² La similitud existente entre el destilador Solvay para la recuperación del amoníaco con los aparatos utilizados para la destilación del alcohol, permite sospechar que sus lecturas juveniles debieron ser fuentes de inspiración para la resolución de este problema.

¹³ Este abogado belga jugó un papel clave en la fundación de la empresa. Consiguió interesar a capitalistas belgas para que apoyasen la iniciativa de los hermanos Solvay, realizó gestiones ante el Gobierno belga para la supresión del impuesto que pesaba sobre el consumo de la sal, redactó los estatutos de la Sociedad Comanditaria y proporcionó los terrenos para la construcción de la primera planta industrial de la Sociedad en Couillet a principios de 1864, localidad donde su familia tenía intereses en las fábricas de vidrio (industria que utilizaba grandes cantidades de sosa).

vard, (...). A pesar de que aún no se pueda pronunciar de una manera definitiva sobre el valor real de los aparatos empleados, parece que ciertas dificultades [inherentes al proceso] han sido resueltas con éxito por los aparatos Solvay.¹⁴

Vemos entonces que el nacimiento del método de obtención de sosa al amoníaco no es el resultado de un descubrimiento genial, sino que existe toda una labor desarrollada a lo largo de los años, que acaba desembocando hacia la década de los años 70 del siglo XIX en una serie de métodos que alcanzan un alto grado de eficacia en el proceso de fabricación. Entre estos podemos citar además del Solvay, al método Mallet-Boulouvard con una planta funcionando en Sorgues (cerca de Avignon), el método de Young, patentado en 1872 y que funciona en una planta en Kally (Escocia), y los métodos de Daugin (La Madaleine, Lorena) y Honnigman. Todos estos métodos pueden dividirse en dos grandes categorías, en función de la disposición que adopten los carbonatadores: si estos están constituidos por grandes columnas verticales como es el caso del método Solvay, o si por el contrario estos se encuentran dispuestos en una serie continua de pequeños carbonatadores, como sucede con diversas variaciones en todos los demás, y que deben su origen a la disposición adoptada por Schloesing-Rolland.

El método más eficaz asentado en suelo alemán fue el de Honigmann, el cual permitió el libre acceso de sus patentes a los productores de álcali, y así en 1878 la firma Matthes & Weber obtuvo una licencia para instalar su método modificado en sus plantas, al mismo tiempo que la Verein Chemischer Fabriken obtuvo otra patente modificada que les permitía obtener la sosa de manera rentable.¹⁵ Tan sólo la llegada masiva de plantas Solvay en suelo alemán (la primera planta comienza a funcionar en Wyhlen, cerca de Basilea, en 1880 y en tan sólo cinco años ya funcionaban dos plantas más en Bernburg—1883— y Sarralbe), y la formación de un importante cártel con los productores Leblanc alemanes que impusieron precios imposibles de mantener para los pequeños productores, fueron capaces de producir su desaparición.

Durante los años que van de la instalación de la primera columna Solvay a la llegada a Alemania, la empresa Solvay fue extendiéndose y mejorando continuamente su proceso productivo, gracias al intercambio de información que circulaba entre las distintas plantas. Creemos que en este proceso de mejora jugó un papel fundamental el socio británico Ludwig Mond, el cual además de recibir una importante formación química en Alemania durante su juventud, fue un afamado técnico que mejoró notablemente varios aspectos de la industria de la sosa Leblanc en Gran Bretaña. Este plazo de tiempo nos sitúa a finales de la década de los ochenta del siglo XIX, período durante el cual el éxito técnico no fue total. Al final de este período el método Solvay se mostró como el más adecuado para grandes volúmenes de producción, pero no así para producciones más modestas. Las cantidades a desembolsar en forma de inversiones no se veían compensadas cuando la producción de sosa estaba destinada

¹⁴ Wurtz (1885), 1433. La traducción española es mía.

¹⁵ Otra modificación de éste método fue tomada por las Antiguas Salinas Dominiales del Este, instaladas en Dieuze. Estas dieron el nombre de método Dieuze al proceso de Honigmann modificado, obteniendo un proceso con un nivel de pérdidas de amoníaco muy reducido. Haber (1969), 89-90.

para pequeñas producciones. En este medio los métodos modificados de Schloesing-Rolland, en especial él debido a Honigmann, se mostraban muchísimo más eficaces; además resolvían de manera bastante elegante los problemas relacionados con el uso de presiones cada vez mayores que necesitaban las columnas Solvay (al hacerse cada vez más altas), o el debido a la aparición de incrustaciones que impedía la circulación de los reactivos a través de la columna. Hermann Ost, alumno aventajado de Kolbe en Leipzig (ROCKE, 1993: 75-6) y posteriormente profesor de la Königlich Technische Hochschule de Hannover en donde teorizó sobre el proceso Solvay, indicó en 1925 en su manual de Tecnología Química (*Lehrbuch der chemischen Technologie*) que el sistema de carbonatadores de Honigmann era superior en eficacia al de Solvay. Es más, si la eficacia no la medimos sólo por la producción sino por la manera de reducir las pérdidas de amoníaco (la materia prima más cara del proceso) o por los consumos de materias primas, Solvay no alcanzó los niveles de eficacia de Honigmann hasta 1885, y sólo en 1907 muestra consumos claramente superiores, año en el cual el método Honigmann había casi desaparecido por razones mercantiles.

Conclusión

El método Solvay debe mucho más a los primeros intentos de los que la historia comúnmente aceptada hasta ahora nos ha hecho ver; la utilización del sistema más eficiente para iniciar su andadura industrial (el Schloesing-Rolland) así como variaciones introducidas sobre éste a partir de innovaciones ya ensayadas con anterioridad, permitieron el despegue que más tarde contemplaría la introducción de un proceso realmente propio, el de la columna Solvay. Una vez introducida ésta, no reinó de manera absoluta sobre los demás métodos de obtención de sosa al amoníaco, sino que necesitó de diversas estrategias tanto técnicas como mercantiles para alzarse y hacer desaparecer a los demás competidores. Aún así, su eficacia se sustentó sobre cuestiones de escala de producción, ya que todos sus competidores se mostraron mucho más eficientes cuando el nivel de producción era medio-bajo. Se hace necesario una vez más un nuevo estudio sobre los modos de producción de las industrias químicas del tercer cuarto del siglo XIX. Los fenómenos de competencia deberían abordarse desde multitud de facetas diferentes, y en ese abordaje debe jugar un papel fundamental el punto de vista de la Historia de las técnicas desarrolladas por las industrias químicas. Este acercamiento desde la industria de la sosa al amoníaco debería ampliarse al estudio de la figura de Ernest Solvay y los tiempos en que echó a andar su aventura industrial. Sólo así podremos completar una historia que hasta el presente aún es demasiado imprecisa.

Bibliografía

- ACHEROY, P. (s.d.), «Note su les commencements de la fabrication de sel de soude pour le procédé Solvay», Exposición *Ernest Solvay et son temps* celebrada en Charleroi entre el 22 de septiembre de 1997 y el 28 de febrero de 1998. (Documento recogido de la página web de la exposición).
- BASALLA, G. (1991), *La evolución de la Tecnología*. Barcelona, Editorial Crítica.
- BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGER, I. (1995), *Histoire de la Chimie*. Paris, Editions La Découvert.

- BENSAUDE-VINCENT, B. (1998), *Eloge du Mixte. Matériaux Nouveaux et Philosophie Ancienne*. Paris, Hachette.
- BOLLE, J. (1963), *Solvay, l'inventeur, l'homme, l'entreprise industrielle. 1863-1963*. Bruxelles, Ed. Weissenbruch.
- BROCK, W. (1992), *The Fontana History of Chemistry*. London, Fontana Press.
- CAMPBELL, W. A. (1971), *The Chemical Industry*. London, Longman.
- DERRY, T. K.; WILLIAMS, T. I. (1987), *Historia de la Tecnología. Desde 1750 hasta 1900 (II)*. Madrid, Siglo XXI Editores.
- DESPY-MEYER, A.; DEVRIESE, D. (eds) (1997), *Ernest Solvay et son temps*. Bruxelles, Archives de l'Université Libre de Bruxelles.
- HABER, L. F. (1969), *The Chemical Industry During the Nineteenth Century. A Study of the Economic Aspect of Applied Chemistry in Europe and North America*. Oxford, Clarendon Press.
- HEGER, P.; LEFEBURE, C. (1929), *Vie d'Ernest Solvay*. Bruxelles, Lamertin.
- HOFF, L. (1955), «Le Centenaire des Soudières Réunies», *Chimie et Industrie*, 73, 998-1001.
- HOHENBERG, P. M. (1967), *Chemicals in Western Europe: 1850-1914. An Economic Study of Technical Change*. Chicago, Rand McNally and Co.
- INKSTER, I. (1991), *Science and Technology in History. An Approach to Industrial Development*. London, Macmillan Education.
- LANDES, D. S. (1979), *The Unbound Prometheus*. Cambridge, Cambridge University Press.
- LAMI, E. O. (1881), *Dictionnaire encyclopédique et biographique de l'industrie et des arts industriels. Tome I*, Paris.
- READER, W. J. (1970), *Imperial Chemical Industries. A History. Volume I: The Forerunners 1870-1926*. London, Oxford University Press.
- ROCKE, A. J. (1993), «Group Research in German Chemistry: Kolbe's Marburg and Leipzig Institutes», *Osiris 2nd Series*, 8, 53-79.
- SCHEURER-KESTNER, A. (1886), «Observations sur la note de M. Mond concernant l'origine du procédé à l'ammoniaque», *Bulletin de la Société Chimique de Paris*, 45, 302-9.
- SINGER, C.; HOLMYARD, E. J.; HALL, A. R.; WILLIAMS, T. I. (1954-58), *A History of the Technology*. 5 vols., Oxford, Clarendon Press.
- Soude et Produits Chimiques* (1910), Bruxelles, Imprimerie Émile Bruylant.
- TRUMP, E.N. (1933), «Looking Back at 50 Years in Ammonia-Soda Alkali Industry», *Chemical and Metallurgical Engineering*, 40, 126-9.
- VANZETTI-MAILAND, L. (1910), «Wie alt ist das Ammoniaksodaverfahren», *Chemiker-Zeitung*, 34, 229.
- WURTZ, A.D. (1869), *Dictionnaire de chimie pure et appliquée. Tome second, deuxième partie*. Paris, Hachette.
- WURTZ, A.D. (1885), *Dictionnaire de chimie pure et appliquée. Premier supplément, deuxième partie*. Paris, Hachette.
- WURTZ, A.D. (1908), *Deuxième supplément au dictionnaire de chimie pure et appliquée. Tome septième*. Paris, Hachette.