



## EL CARBONATO DE SODIO Y ERNEST SOLVAY, CREADOR DE UN IMPERIO INDUSTRIAL Y PROMOTOR DE LAS CIENCIAS. HOMENAJE EN EL CENTENARIO DE SU FALLECIMIENTO

*Enrique J. Baran*

Académico Emérito de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
E-mail: baran@quimica.unlp.edu.ar

*Palabras clave*  
*Ernest Solvay*  
*Carbonato de sodio*  
*Proceso Leblanc*  
*Proceso Solvay*  
*Congresos Solvay*

**Resumen** Ernest Solvay, un joven belga con una formación general prácticamente autodidacta y sin ninguna preparación científica descubrió a los 23 años que era posible obtener carbonato de sodio haciendo burbujear dióxido de carbono a través de una solución saturada de cloruro de sodio en amoníaco. Inmediatamente pensó en llevar este proceso a escala industrial y, antes de cumplir los 30 años, con la ayuda de su familia logró instalar una pequeña planta que comenzó a funcionar rápidamente y causó un notable impacto en el país. Pero lo más asombroso es que, con la ayuda de diversos colaboradores y expertos, logró extender rápidamente este emprendimiento y menos de un cuarto de siglo después ya había plantas produciendo carbonato de sodio mediante el proceso desarrollado por Solvay, en casi toda Europa. Y de esta forma logró crear un imperio industrial, que lo hizo inmensamente poderoso y rico. Solvay también era un apasionado por la ciencia, en especial la física y la química, y entendía que una ciencia bien organizada y dirigida serviría claramente para el progreso de la humanidad. Esta actitud, lo llevó también a incursionar fuertemente en temas sociales. Mostró una fuerte actividad filantrópica apoyando a Universidades e investigadores y en la Universidad Libre de Bruselas creó un Instituto de Fisiología y uno de Ciencias Sociales, así como una Escuela de Comercio. Fundó también la “International Association of Chemical Societies”, que es considerada como la precursora de la IUPAC. También fundó un Instituto Internacional de Física y un Instituto Internacional de Química, el primero de los cuales se encargó de la organización de los llamados Congresos Solvay en Física,

que comenzaron en 1911 y se extienden hasta nuestros días, y que tuvieron un notable impacto en el desarrollo de la Física moderna. Fue también Senador por dos períodos y el rey Alberto I lo designó Ministro de Estado, en reconocimiento de su intensa actividad humanitaria durante la Primera Guerra Mundial. Después de un breve bosquejo biográfico de Solvay, este trabajo presenta los aspectos básicos de la química del carbonato de sodio y sus hidratos, analizando luego la síntesis del mismo a través de los procesos de Leblanc y de Solvay, así como su recuperación a partir del mineral trona. Finalmente se comentan brevemente diversos aspectos relacionados a los Congresos Solvay realizados entre 1911 y 1970.

*Keywords*

*Ernest Solvay*  
*Sodium carbonate*  
*Leblanc process*  
*Solvay process*  
*Solvay Congresses*

**Abstract** Sodium carbonate and Ernest Solvay, the creator of an industrial empire and promoter of sciences. Tribute in the centenary of his death. Ernest Solvay, a practically self-educated young Belgian, without scientific formation, discovered at the age of 23 that it was possible to obtain sodium carbonate bubbling carbon dioxide through a saturated sodium chloride solution in ammonia. Immediately, he attempts to bring this process to an industrial scale and, before his 30th. birthday, with the help of his family, he achieved the installation of a small plant that rapidly became operative, and produced notable impact in the country. Astonishingly, with the help of different collaborators and experts, he could extend rapidly this entrepreneurship and in less than a quarter of century, factories using the process developed by Solvay, produced sodium carbonate in practically all the European countries. In this way, he created a vast industrial empire that made him extremely powerful and rich. Solvay was also passionate for science, especially for physics and chemistry, and he understands that well-organized and directed sciences clearly serve for the progress of humankind. This attitude also engaged him strongly in social problems. Besides, he shows a strong philanthropic activity, supporting researchers and Universities, and in the Free University Brussels he created an Institute of Physiology and one of Social Science and a School of Commerce. He founded the “International Association of Chemical Societies”, that is considered as a precursor of IUPAC. He also created an International Institute of Physics and an International Institute of Chemistry. The first of them was commissioned with the organization of the so-called Solvay Congresses in Physics, which began in 1911 and extends up to our days, and had a remarkable impact in the development of modern Physics.

Furthermore, he was Senator during two periods, and King Albert I nominated him as a State Minister, as recognition for his intense humanitarian activity during the First World War. After a brief biographical sketch of Solvay, this article presents the basic aspects of the chemistry of sodium carbonate and its hydrates, analyzing next its synthesis through the processes of Leblanc and Solvay, and also its recovery from the mineral trona. Finally, different aspects related to the Solvay Congresses performed between 1911 and 1970, are briefly commented.

---

## 1. Introducción

El nombre de Ernest Solvay se asocia inmediatamente con el proceso que lleva su nombre y que se utiliza para la obtención de uno de los productos inorgánicos más importantes y utilizados en grandes cantidades por la industria, el carbonato de sodio, a partir de amoníaco y cloruro de sodio. El éxito de este proceso industrial, su rápida expansión por el mundo, y las regalías que el mismo le aportó, lo transformaron en un hombre extremadamente poderoso, influyente y rico. Pero, asimismo, le permitió desarrollar una importante actividad filantrópica, que apoyaba el progreso de las ciencias y lo llevó a interesarse en temas y problemas sociales, razón por la que luego también se dedicó a la política. Asimismo, se lo recuerda también por ser el promotor y organizador de los llamados Congresos (o Conferencias) Solvay, el primero de los cuales se realizó en 1911, y que se extienden hasta nuestros días, y que tuvieron un importante y notable impacto en el desarrollo de la Física Moderna.

---

## 2. Ernest Solvay: breve bosquejo biográfico

Ernest Solvay nació en Rebecq, provincia de Brabante, Bélgica el 16 de abril de 1838. Su padre era un jefe de canteras, que recibía sus modestos ingresos por la explotación y el refinado de sal. En la escuela, se interesó particularmente por las ciencias, en especial la química y la física, y junto a su hermano menor Alfredo, dedicaban gran parte de su tiempo libre a jugar en un pequeño laboratorio que habían instalado en su casa. Su salud muy delicada obligó a Ernest a dejar la escuela a la temprana edad de 17 años y su educación formal terminó en ese momento y a partir de allí quedó en sus propias manos. Leyendo y estudiando mucho logró ampliar rápidamente sus horizontes, desarrollando una fuerte personalidad, sumamente emprendedora y una clara independencia de juicio, que lo caracterizaron durante toda su vida (Coupin 2013; Oesper y Deasy 1938).

En ese tiempo, sus padres lo enviaron a Amberes con la esperanza de

que estudiara teneduría de libros comerciales, estudios que no lo atrajeron en absoluto por lo que dos años después volvió a su casa, entrando a trabajar en una planta de gas dirigida por su tío Semet. En ese ámbito tuvo la posibilidad de seguir realizando algunas de las experiencias químicas que lo fascinaban y, en particular, el amoníaco, que aparecía como un subproducto en la planta de su tío comenzó a interesarle grandemente (Oesper y Deasy 1938). Durante estas primeras experiencias comenzó a desarrollar una idea que culminaría en 1861, con el hallazgo de una nueva forma de obtener carbonato de sodio, a partir de una solución saturada de cloruro de sodio tratada con amoníaco y dióxido de carbono (Coupin 2013; Fernández y Tamaro 2004; Oesper y Deasy 1938). Con la ayuda de su hermano comenzó a darle forma concreta a la idea con el fin de lograr su producción a escala industrial. Si bien la idea era simple, su implementación y escalado no resultaba sencilla y llevó casi cinco años de trabajo y pruebas incansables lograr avanzar con la misma. En 1865, los fondos familiares estaban prácticamente agotados y no se vislumbraba ningún desenlace favorable. Pero la enorme energía y perseverancia del joven finalmente lo lograron y en 1867, antes de que cumpliera los 30 años de edad, el proceso Solvay era una realidad mostrando rápidamente un notable impacto en el país (Oesper y Deasy 1938).

Ni bien la planta demostró poder ser operativa, Solvay demostró una vez más su ingenio rodeándose de nuevos colaboradores y amigos, expertos en leyes, finanzas y comercio, lo que ayudó a posicionar rápidamente su emprendimiento en el mercado, con bases sólidas para futuros desarrollos. Y uno de los aspectos más notables del grupo Solvay fue su rápida y continuada expansión internacional. Menos de un cuarto de siglo después había ya plantas activas en la mayoría de los países desarrollados, este proceso se realizó básicamente a través de cooperaciones con emprendedores locales en los diferentes países contactados y empezó con la instalación de plantas en los EEUU de NA (Siracusa), Rusia (Berezniki) y Austria-Hungría (Ebensee) y luego se extendió a varios puntos de Alemania e Inglaterra, para incorporar un poco más adelante a España e Italia. Este sólido grupo empresarial que constituyó, se basó en una red de fuertes contactos interpersonales entre ingenieros, directivos y empleados. En su centro, la central de Bruselas definía siempre las estrategias comerciales y financieras, pero la responsabilidad de las operaciones de cada planta quedaba totalmente bajo la responsabilidad de los directivos locales (Coupin 2013).

Otro aspecto sobresaliente del grupo fue el constante mejoramiento de todos los aspectos tecnológicos. Había entre todos los miembros una continuada y fuerte circulación de información técnica que era compartida por todos y todas las mejoras obtenidas en una planta se transferían inmediatamente a las otras. Asimismo, se estimulaba a los ingenieros de todas las plantas a realizar

estadías en otras, para intercambiar información y experiencias. Esta situación permitió también que algunas de las plantas entraran en la producción de otros productos importantes, por ejemplo cloro e hidróxido de sodio (Coupin 2013).

Ernest Solvay (Fig.1) era también un apasionado del progreso de las ciencias, entendiendo que una ciencia bien organizada y dirigida serviría claramente para el progreso de la humanidad. Esta fue una de las razones por las cuales su creciente interés se centró en la fisicoquímica (con énfasis en la termodinámica), la fisiología (en particular la medicina experimental basada en modelos biológicos avanzados) y la sociología (como estudio positivo de las sociedades humanas y su evolución) (van Tiggelen 2013).

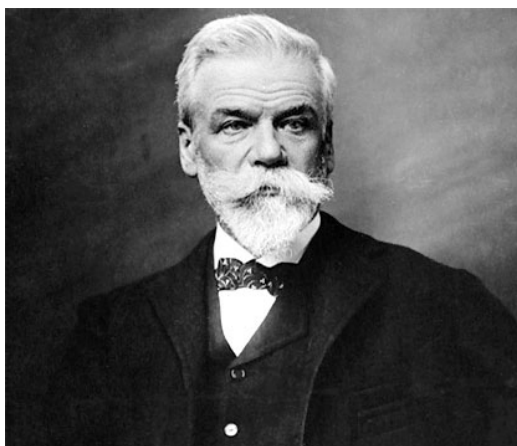


Fig. 1. Ernest Solvay

Este último aspecto, se refleja fuertemente en toda su actividad filantrópica, la que lo llevó a realizar donaciones de gran importancia y muchas veces sin un orden lógico. Así, fundó un Instituto de Electroquímica y Fisicoquímica en la Universidad de Nancy y realizó importantes aportes a las Universidades de Paris, y de Ginebra y a la Sociedad Química de Bélgica. Tuvo una relación muy particular con la Universidad Libre de Bruselas, a la que entregó numerosos subsidios para investigadores, estableciendo además en 1893 un Instituto de Fisiología, bajo la dirección del médico y biólogo Paul Héger (1846-1926), quien también fuera su médico personal; al año siguiente un Instituto de Ciencias Sociales y en 1903 una Escuela de Comercio (van Tiggelen 2013).

Su fascinación personal por el concepto de energía lo llevó a contactar al Premio Nobel Wilhelm Ostwald (1853-1932), uno de los padres de la Fisicoquímica moderna, quien además compartía con él sus puntos de vistas sociológicos e internacionalistas y estaba obsesionado con lograr una

organización racional de la Química a nivel internacional. Y con el apoyo económico de Solvay y la participación diversas sociedades químicas europeas logró finalmente establecer la “International Association of Chemical Societies” (IACS), que tuvo su primera reunión en París los días 25 y 26 de abril de 1911 (van Teggelen y Fauque 2012). De alguna forma esta organización puede ser considerada como la precursora de la IUPAC (van Teggelen y Fauque 2012; van Teggelen 2013).

Simultáneamente, Solvay venía organizando una conferencia sobre tópicos de Física moderna, que fue el origen de las llamadas Conferencias Solvay, a las cuales nos referiremos en la Secc. 5 de este artículo. La primera de estas conferencias tuvo lugar en Bruselas entre el 29 de octubre y el 4 de noviembre de ese año. Muy satisfecho con los resultados de esta conferencia, y para asegurar su continuidad, en 1912 creó el “Instituto Internacional de Física Solvay”, cuyo objetivo era no sólo organizar las próximas conferencias, sino también de conceder becas a jóvenes estudiantes belgas y distribuir fondos a investigadores de todo el mundo que trabajaran en tópicos de interés actual (van Teggelen 2013). Al año siguiente, y después de una serie de intercambio de ideas con Wilhelm Ostwald y William Ramsay, creó el “Instituto Internacional de Química Solvay” (van Teggelen 2013; Mehra 1975).

También se debe reconocer a Solvay la toma de iniciativas sociales, desconocidas en la época. De alguna manera, fue uno de los precursores de los derechos laborales en sus empresas, donde inició un sistema de seguridad social, una pensión para los trabajadores, jornada de trabajo de 8 horas y la instauración de vacaciones pagadas. Todas estas actividades e iniciativas condujeron también a su incorporación al Senado belga durante dos períodos (1892-1894 y 1897-1900), donde se recuerdan algunos discursos memorables suyos en torno a las problemáticas sociales de la época. Durante la Primera Guerra Mundial puso todos sus recursos materiales y morales a disposición de su país. El Comité Nacional de Seguridad y Alimentación, que fundó conjuntamente con otros industriales y banqueros, y subsidió muy liberalmente, logró prevenir y disminuir grandemente las incalculables miserias y desgracias en las zonas de guerra y ayudó con medicamentos, alimentos, vestimenta y carbón a la población civil. En 1918, y entre otros agradecimientos, fue designado Ministro de Estado, recibiendo la visita personal del Rey Alberto I, en la noche de su retorno triunfal desde el frente de guerra a Bruselas (Notton 1929).

Ernest Solvay falleció en Bruselas el 26 de mayo de 1922 a la edad de 84 años y fue sepultado en el cementerio de Ixelles en Bruselas (Oesper y Deasy 1938).

Finalmente, y para cerrar este bosquejo parece interesante mencionar una importante obra arquitectónica que también nos fue legada por Solvay. Se trata del llamado Palacio (también mencionado a veces como Casa u Hotel) Solvay. El mismo, una obra maestra del Art Nouveau, está localizado en el número 224 de la Avenida Louise, en Bruselas (Fig. 2).



Fig. 2. Palacio Solvay (Bruselas)



Fig. 3. Tumba de Ernest Solvay en Ixelles

Fue construido entre 1894 y 1903, por iniciativa de Armand, uno de los cuatro hijos de Solvay, y la obra fue encomendada al célebre arquitecto Víctor Horta (1861-1947) uno de los pioneros del estilo arquitectónico “Art Nouveau”, en el que se utilizan de forma combinada diverso tipo de piedras, acero y vidrio. Y este palacio llegó a ser una de sus creaciones más notables. A tal punto que en el año 2000 fue inscripto, junto a otras tres obras importantes de Horta, en la lista del Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO. Víctor Horta también diseñó y construyó la tumba de Ernest Solvay en el cementerio de Ixelles (Fig. 3), donde finalmente también el mismo Horta recibió sepultura.

---

### 3. Carbonato de sodio

El carbonato de sodio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , llamado también ceniza sódica (“soda ash”), es uno de los productos químicos producidos a mayor escala y más

utilizados en una gran variedad de procesos industriales. Es empleado en la industria del vidrio, papel, jabones y detergentes. Más recientemente, se lo ha comenzado a aplicar también para reducir la contaminación atmosférica por  $\text{SO}_2$ , originado en los gases de chimenea de plantas energéticas o de grandes hornos (en estos casos, se mezcla el carbonato con el combustible, el que así reacciona con el  $\text{SO}_2$ , formando  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , que puede ser eliminado por sistemas de filtros) (Greenwood y Earnshaw 1984).

Según estadísticas recientes, la producción mundial de carbonato de sodio durante 2020 fue del orden de 52 millones de toneladas y los principales países productores son en la actualidad los Estados Unidos de NA, China, Turquía y Bélgica, y en menor medida Alemania e Italia (U.S. Geological Survey 2021).

El primer proceso industrial para la obtención de carbonato de sodio fue el implementado por Nicolas Leblanc alrededor de 1790 y fue utilizado, principalmente en Inglaterra, durante unos 100 años. Debido a diversos problemas técnicos y de contaminación, este método fue reemplazado gradualmente por el proceso desarrollado por Solvay que fue el que finalmente quedó establecido como método industrial más apropiado, y, con diversas variantes ingenieriles y tecnológicas, es el que sigue funcionando hasta nuestros días en la mayoría de los países del mundo.

Finalmente es interesante de mencionar que en algunos países existen importantes depósitos naturales de carbonato. Estos son especialmente importantes en los EEUU de NA, a tal punto que en la actualidad, más de la mitad del  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  producido en ese país es de origen natural (Greenwood y Earnshaw 1984).

Existen varios minerales relacionados al carbonato de sodio, la pirasonita y la gaylussita, que son carbonatos dobles de calcio y sodio hidratados, la termonatrita,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , la soda,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , y la trona,  $\text{Na}_3(\text{CO}_3)(\text{HCO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Strunz 1978). Este último mineral es el más abundante y está bastante difundido en diversas regiones del Mundo, encontrándose depósitos del mismo en Egipto, Kenia, Chad, Tanzania, Namibia, Venezuela e Italia. Pero los depósitos más extensos se encuentran en los EEUU de NA, en California (Searles Lake), Colorado, Utah y Nevada (Little Soda Lake). El más extenso y grande de todos está localizado en el estado de Wyoming (Green River Formation), estimándose que existen allí unos 100 billones de toneladas del mineral. También en Turquía, en el depósito Beypazari, al oeste de Ankara, se estima una existencia de al menos 200 millones de toneladas (Anthony et al 2004).



Vale la pena de recordar que, junto al carbonato anhidro, que es la forma en que se lo obtiene en el proceso Solvay, el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  existe también en forma de tres hidratos: el decahidrato  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , y el heptahidrato,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , los que eflorescen rápidamente para generar el monohidrato,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Este último, obviamente también puede ser obtenido por calentamiento de cualquiera de los otros hidratos (Greenwood y Earnshaw 1984).

---

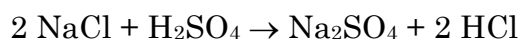
## 4. Procesos de síntesis del $\text{Na}_2\text{CO}_3$

### 4.1. Proceso Leblanc

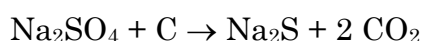
En 1783 la Academia de Ciencias de Francia ofreció un premio a quien pudiera desarrollar un método práctico que permitiera convertir la sal común,  $\text{NaCl}$ , en carbonato de sodio. Se pretendía de esta manera subsanar la creciente falta de carbonato, que en aquel entonces se obtenía a partir de cenizas vegetales y que era indispensable para diversas industrias en creciente desarrollo (Encyclopedia of World Biography 2004).

Nicolás Leblanc (1742-1806) era un médico francés y que se sentía muy atraído por la química, llegando a realizar interesantes trabajos sobre cristalización los que, finalmente, volcó en su libro *De la Crystallotechnie* (1802). Desde 1780 trabajó como médico privado del Duque Luis Felipe II de Orleans (1747-1793). A partir de 1784, y con el apoyo económico del Duque, Leblanc comenzó a realizar experiencias en torno a esta problemática, obteniendo los primeros resultados promisorios cinco años después, y logrando instalar una planta para su producción en St. Denis, en los alrededores de Paris. Lamentablemente, estos trabajos se interrumpieron bruscamente por la Revolución Francesa (Encyclopedia of World Biography 2004; Oesper 1942, 1943).

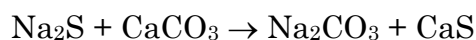
Básicamente el proceso puede ser descrito en tres etapas (Holleman y Wiberg 1958). En la primera, se hace reaccionar la sal con ácido sulfúrico:



El sulfato de sodio generado se reduce con carbón, en la segunda etapa:



Finalmente, el sulfuro de sodio se trata con calcita para transformarlo en el carbonato de sodio:



En realidad, en el proceso industrial las etapas 2 y 3 ocurren conjuntamente, ya que lo que se hace es calcinar el sulfato de sodio con carbón y calcita. Resulta de esta manera la formación de un producto negro (al que se llamó “ceniza negra”) que contiene el carbonato de sodio impurificado con sulfuro de calcio y restos de carbón. A partir de la disolución de esta ceniza en agua se logra la cristalización del carbonato, y de aquí viene también el nombre de ceniza sódica que a veces se da al carbonato.

Ya inicialmente se comprobó que el proceso era contaminante por los posibles escapes de HCl en la primera etapa y por la generación del CaS, que posee un olor muy desagradable (Encyclopedia of World Biography 2004).

En 1791 Leblanc patentó el proceso y la Asamblea Nacional le garantizó el uso personal de la misma por 15 años. Sin embargo, tres años después el gobierno revolucionario embargó la planta e hizo pública la patente, y al mismo tiempo llevó a la guillotina a su mentor el Duque de Orleans. Esta situación dejó a Leblanc prácticamente en la pobreza. Si bien Napoleón Bonaparte le devolvió la planta en 1802, no pudo retomar la producción, por falta de los fondos necesarios para ello. Por esta razón empezó a producir algunos otros productos químicos (cloruro de estaño, óxido de mercurio), lo que trajo aparejado nuevos problemas prácticos y de financiación. En ese momento ya había varias plantas operando con el proceso Leblanc en Inglaterra y comenzaron a instalarse también algunas en Austria y en Alemania. Finalmente, agobiado por sus problemas de trabajo y sus deudas, el 5 de enero de 1806 Leblanc se suicidó (Encyclopedia of World Biography 2004; Oesper 1943).

De todas formas el proceso fue ganando creciente aceptación y uso, perdurando prácticamente hasta fines del siglo XIX. Y puede decirse, con seguridad, que este proceso constituye uno de los capítulos más importantes en la historia de la química aplicada. Toda la industria química inorgánica moderna arranca con el mismo. Como el proceso demandaba la utilización de grandes cantidades de ácido sulfúrico, tuvo también un fuerte impacto sobre el desarrollo de la producción de este ácido. También el HCl, generado como producto secundario en el proceso empezó a tener creciente importancia industrial y además, transformado luego en cloro, adquirió un papel preponderante en la industria del papel y del tejido. Asimismo, también el CaS fue finalmente utilizado para obtener azufre de muy alta pureza (Oesper 1943).

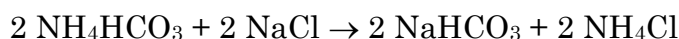
## 4.2. Proceso Solvay

Como se ha mostrado en el apartado anterior el proceso Leblanc requiere de la utilización de cuatro materias primas: ácido sulfúrico, cloruro de sodio, carbón y calcita. En cambio en el proceso Solvay se utiliza cloruro de sodio, calcita y amoníaco (Holleman y Wiberg 1984; Swaddle 1997).

En la primera etapa del proceso se hace reaccionar una solución saturada de cloruro de sodio, con amoníaco gaseoso y luego con dióxido de carbono. En realidad primeramente se produce una salmuera amoniacal la que luego es carbonatada, reacción que ocurre generalmente en una alta torre de reacción (una columna de adsorción con platos agujereados), llamada torre de Solvay, y donde tienen lugar las primeras dos reacciones:



A medida que se va formando, el bicarbonato de amonio generado reacciona con el cloruro de sodio:



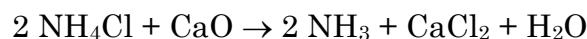
El dióxido de carbono que se genera durante la descomposición térmica del  $\text{NaHCO}_3$ , la que se realiza por calentamiento en hornos a temperaturas del orden de los 150 °C, también se vuelve a incorporar al proceso:



El dióxido de carbono restante necesario para la operación se obtiene por calentamiento de la calcita:



El óxido de calcio generado en esta parte del proceso es utilizado como tal, o previamente transformado en  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , para recuperar el amoníaco a partir del  $\text{NH}_4\text{Cl}$  generado en el proceso primario:



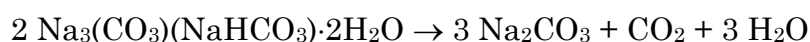
Esta operación de recuperación de amoníaco fue particularmente importante en el inicio de este proceso, ya que todavía no se conocía la síntesis de Haber-Bosch y el amoníaco era muy costoso, ya que se obtenía sólo como

producto secundario durante la destilación de carbones (Holleman y Wiberg 1984; Swaddle 1997).

El problema más importante de este proceso continúa siendo la formación de cantidades importantes de  $\text{CaCl}_2$ , un producto que tiene escasa demanda y debe ser acumulado en repositorios (Glanville y Rau 1973).

### 4.3 Obtención a partir de trona

El carbonato de sodio a partir del mineral trona se obtiene, simplemente, por calcinación (Rayner-Canham 2000; Swaddle 1997):



Este proceso se realiza habitualmente triturando el material y luego calentándolo en hornos rotatorios y a temperaturas del orden de los  $120^\circ\text{C}$ . El producto obtenido de la calcinación, que todavía contiene diversas impurezas, es luego disuelto en agua, obteniéndose el  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  por cristalización. Si es necesario, un posterior calentamiento del monohidrato permite obtener el carbonato anhidro (Rayner-Canham 2000).

---

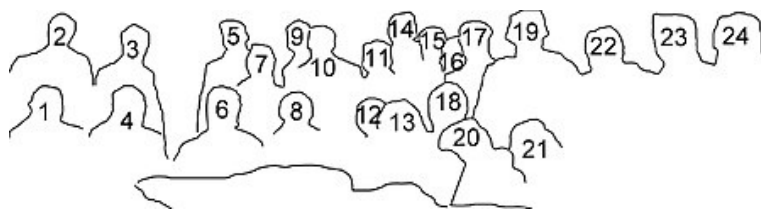
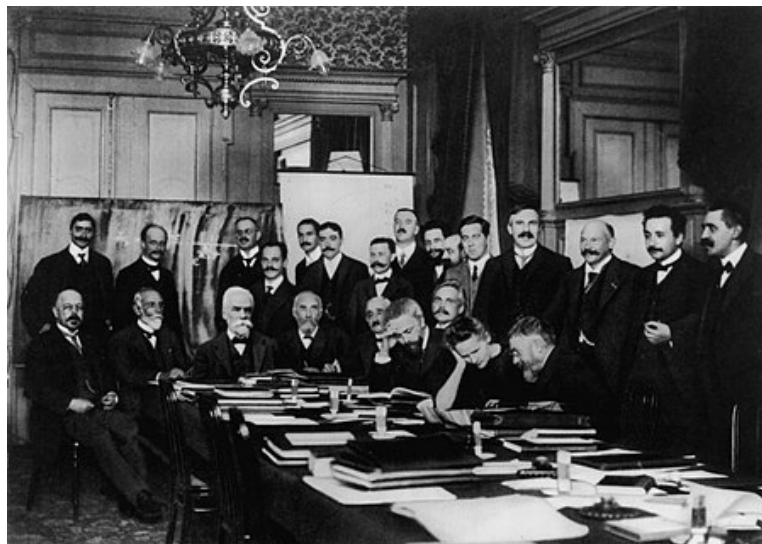
## 5. Los Congresos Solvay

Parece ser que el origen de estos famosos congresos arranca de una conversación que Ernest Solvay mantuvo en 1910 con Walther Nernst (1864-1941), uno de los padres de la Fisico-Química Moderna y futuro ganador del Premio Nobel de Química (1920). En esa ocasión Nernst le había mostrado las dificultades que existían en reconciliar las consecuencias de la teoría cinética de Maxwell-Boltzmann con las concepciones cuánticas de Einstein y Planck en el campo de los calores específicos y la teoría de radiación (Mehra 1975). Esta conversación llevó a Solvay a la idea de realizar una reunión de expertos internacionales para comenzar a avanzar en la comprensión de estos problemas. Y a partir de allí comenzó con la organización de lo que sería la primera de las conferencias, para la cual planteó como tema “Cuestiones de actualidad de la teoría cinética” la que finalmente derivó en el título definitivo de “Radiación y cuantos”. Para este encuentro Solvay trató de seleccionar a los mejores expertos de estos tópicos y trató de establecer un balance razonable entre científicos alemanes, franceses e ingleses. El Congreso tuvo lugar entre el 29 de octubre y el 4 de noviembre de 1911, en el Hotel Metropole de Bruselas y

fue presidido por Hendrik Lorentz y se enfocó en analizar primordialmente las relaciones entre la Física clásica y la cuántica (van Tiggelen 2013).

La conferencia reunió a los que, sin duda, eran los científicos más representativos e importantes de la época, como puede verse en la Fig. 4.

Estos Congresos siguieron organizándose más o menos regularmente cada dos o tres años desde entonces, con dos interrupciones forzadas (la primera entre 1913 y 1921, como consecuencia de la primera Guerra Mundial, y la segunda entre 1933 y 1948, por la segunda Guerra Mundial). En la Tabla 1 se resumen las temáticas de todas las reuniones realizadas entre 1911 y 1970 (Mehra 1975).



**Fig. 4.** Participantes de la Primera Conferencia Solvay: Walther Nernst (1), Robert Goldschmidt (2), Max Planck (3), Marcel Brillouin (4), Heinrich Rubens (5), Ernest Solvay (6), Arnold Sommerfeld (7), Hendrik A. Lorentz (8), Frederick Lindemann (9), Maurice de Broglie (10), Martin Knudsen (11), Emil Warburg (12), Jean Perrin (13), Friederich Hasenöhr (14) Georges Hostelet (15), Edouard Herzen (16), James Jeans (17), Wilhelm Wien (18), Ernest Rutherford (19), Marie Curie (20), Henri Poincaré (21), Heike Kamerlingh Onnes (22), Albert Einstein (23), Paul Langevin (24).

La presidencia de los Congresos siempre estuvo a cargo de quien en ese momento presidía el “Instituto Internacional de Física Solvay” que fue, entre 1911 y 1927 Hendrik Lorentz (1853-1928), ganador del Premio Nobel de Física en 1902. Recién en el sexto Congreso, Lorentz fue reemplazado por Paul Langevin (1872-1946), quien también presidió el séptimo, tres años después.

**Tabla 1**  
Congresos Solvay de Física (1911-1970)

Nº	Año	Tema de la Conferencia	Presidente
1	1911	Teoría de la radiación y cuantos	Hendrik Lorentz
2	1913	Estructura de la materia	Hendrik Lorentz
3	1921	Átomos y electrones	Hendrik Lorentz
4	1924	Conductividad eléctrica y problemas conexos	Hendrik Lorentz
5	1927	Electrones y fotones	Hendrik Lorentz
6	1930	Magnetismo	Paul Langevin
7	1933	Estructura y propiedades del núcleo atómico	Paul Langevin
8	1948	Partículas elementales	Lawrence Bragg
9	1951	Estado sólido	Lawrence Bragg
10	1954	Electrones en metales	Lawrence Bragg
11	1958	Estructura y evolución del Universo	Lawrence Bragg
12	1961	Teoría cuántica de campos	Lawrence Bragg
13	1964	Estructura y evolución de las galaxias	J.R. Oppenheimer
15	1967	Problemas fundamentales en partículas elementales	Christian Møller
16	1970	Propiedades de simetría del núcleo	Edoardo Amaldi

En lo que sigue haremos algunos comentarios adicionales sobre los congresos realizados en ese período (Mehra 1975).

En general, el **Primer Congreso** no aportó, según parece, demasiados acuerdos y coincidencias sobre los tópicos en discusión. De todas formas, todos los presentes coincidieron en que la iniciativa y visión de Solvay, la habilidad organizativa de Nernst y la autoridad científica de Lorentz jugaron un papel decisivo en el éxito de la reunión, que además permitió contactos personales muy valiosos. También se comentó el agradable hecho de que Lorentz hablara fluidamente alemán, francés e inglés, lo que facilitó mucho las discusiones e intercambios de ideas.

El **Segundo Congreso** se realizó también en Bruselas, en 1913, sobre Estructura de la Materia, y el centro de interés fue el descubrimiento, realizado el año anterior por Max von Laue (1879-1960) de la difracción de rayos X por cristales, por el cual habría de recibir el Premio Nobel de Física al año siguiente. La estructura de la materia se discutió en base al modelo de J. J. Thomson (1856-1940), mientras que Ernest Rutherford (1871-1937) presentó su modelo nuclear del átomo.

Al **Tercer Congreso**, realizado en Bruselas en 1921, y que tuvo como tema Átomos y Electrones, no fue invitado ningún científico alemán, porque los recuerdos de la Primera Guerra eran muy recientes. Esto perjudicó a los científicos alemanes, cuya ausencia empero provocó que la calidad del Congreso se resintiera notablemente, dado que solo en las universidades alemanas existía un progreso importante en el campo de la Física (teoría cuántica, teoría de la relatividad). En este Congreso, Rutherford dio una nueva y más detallada descripción de su modelo atómico y de los diversos problemas que habían logrado interpretarse satisfactoriamente en base al mismo. Durante las discusiones Rutherford también mencionó la probable existencia del neutrón. Por su parte, Marie Curie (1867-1934) explicó que si bien las fuerzas electrostáticas presentes en el átomo podían explicar las velocidades de las partículas  $\beta$ , ello no resultaba compatible con la estabilidad nuclear.

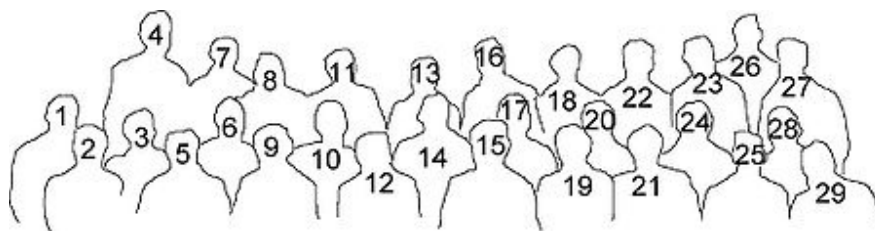
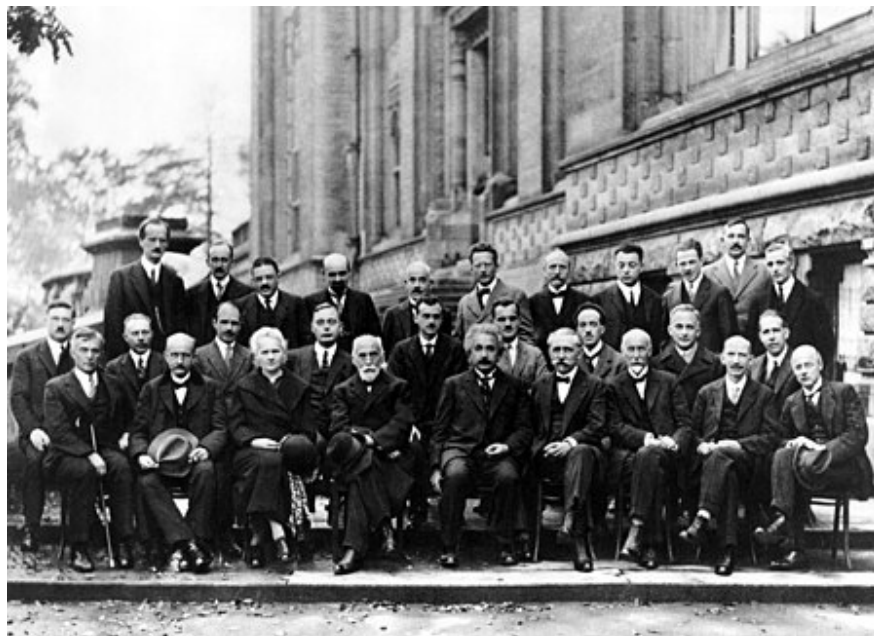
En 1924 se realizó el **Cuarto Congreso**, que se centró en problemas de la conductividad eléctrica y problemas relacionados. Nuevamente no participaron científicos alemanes y fue una reunión con un bajo número de participantes, ya que sólo asistieron quince científicos y, aparentemente, no hubo resultados importantes que trascendieran este Congreso.

En cambio, visto de la perspectiva histórica actual, el **Quinto Congreso**, celebrado en octubre de 1927, fue seguramente el más importante de todos.

Podemos afirmar esto porque logró reunir a una generación de oro de la ciencia, como no ha habido otra en la historia (ver Fig. 5). Diecisiete de los veintinueve asistentes eran o llegaron a ser ganadores de Premios Nobel, incluyendo a Marie Curie, que había ganado ya los Premios Nobel en Física (1903) y en Química (1911).

El tema de este Congreso fue Electrones y Fotones y se discutieron diversos aspectos de la recientemente formulada teoría cuántica, complementada con la interpretación de la escuela de Copenhague, empezando a construir una nueva manera de enfocar la Física, entendiendo que se deberían abandonar gran parte de las ideas preconcebidas por el ser humano a lo largo de toda su historia. Se discutieron en profundidad conceptos como la dualidad onda-partícula y sus relaciones con la ecuación de ondas de

Schrödinger y otros conceptos fundamentales que cimentaron definitivamente a la Física moderna.



**Fig. 5.** Participantes de la Quinta Conferencia Solvay: Peter Debye (1), Irving Langmuir (2), Martin Knudsen (3), August Piccard (4), Max Planck (5), William L. Bragg (6), Emile Henriot (7), Paul Ehrenfest (8), Marie Curie (9), Hendrik A. Kramers (10), Edouard Herzen (11), Hendrik Lorentz (12), Théophile de Donder (13), Paul Dirac (14), Albert Einstein (15), Erwin Schrödinger (16), Arthur H. Compton (17), Jules-Emile Verschaffelt (18), Paul Langevin (19), Louis de Broglie (20), Charles Guye (21), Wolfgang Pauli (22), Werner Heisenberg (23), Max Born (24), Charles Thomson Rees Wilson (25), Ralph H. Fowler (26), Leon Brillouin (27), Niels Bohr (28), Owen W. Richardson (29).

Según los comentarios hubo discusiones generales muy animadas, con la participación de diferentes participantes al mismo tiempo y cada uno hablando su propio idioma, y Lorentz tuvo muchas veces que realizar esfuerzos notables para ordenar y encarrilar las discusiones.



El **Sexto Congreso** tuvo lugar en 1930 y el tema de discusiones fue Magnetismo. Durante las sesiones, Wolfgang Pauli (1900-1958) remarcó la imposibilidad de medir el momento magnético de un electrón libre, mientras que Niels Bohr (1885-1962) enfatizó que esto no implicaba que el concepto de espín hubiera perdido su significancia como manera de explicar la estructura fina de líneas espectrales. Asimismo, continuaron desarrollándose diversas discusiones y comentarios sobre temas ya tratados en el Congreso anterior y, en particular, hubo una serie de muy interesantes intercambios de ideas entre Niels Bohr y Albert Einstein (1879-1955).

En el **Séptimo Congreso**, que se realizó en 1933, y estuvo dedicado a la Estructura y Propiedades del Núcleo Atómico, Rutherford expresó su placer por la aparición y desarrollo de lo que llamó la “alquimia moderna”, la ciencia de la física nuclear y de partículas. Reportó sus recientes experimentos en los que, bombardeando litio con protones y deuterones, encontró evidencias de la existencia de isótopos desconocidos del hidrógeno y el helio con masa atómica tres. Por su parte, James Chadwick (1891-1974), reportó su descubrimiento del neutrón. En base a este hallazgo, Werner Heisenberg (1901-1976) mostró que este descubrimiento abría una nueva visión acerca de la estructura del núcleo, mientras que Frédéric Joliot (1900-1958) y su esposa Irene Joliot-Curie, discutieron la naturaleza compleja del protón, que podría estar constituido por un neutrón y un positrón.

El siguiente Congreso debía realizarse en 1936, pero fue pospuesto para el año siguiente por problemas de salud de Langevin. De todas formas, esa situación no varió y, después de varias idas y venidas, se eligió como fecha octubre de 1939 para tratar problemas de partículas elementales y sus interacciones. Pero, el 3 de setiembre de ese año estalló la Segunda Guerra Mundial, y ante esa situación se decidió posponer indefinidamente ese Congreso. Esta situación interrumpió durante los siguientes seis años los contactos normales entre los colegas científicos interesados en su participación en este Congreso y, en muchos casos, cortó también las relaciones personales entre muchos de ellos.

Finalizada la Segunda Guerra Mundial, en 1948, se retomaron nuevamente los Congresos y fue Sir Lawrence Bragg (1890-1971) quien presidió los cinco primeros (1948, 1951, 1954, 1958 y 1961) de ese nuevo período de sesiones.

El **Octavo Congreso**, se realizó en 1948 y estuvo dedicado a problemas de Partículas Elementales, un campo de la Física que había crecido inmensamente desde la Conferencia de 1933, especialmente porque había surgido la idea de la existencia del mesón, como portador de interacciones

nucleares. Asimismo, en ese año la técnica de renormalización en electrodinámica cuántica, empezó a mostrar algunas facetas interesantes. Heisenberg y Pauli venían trabajando en una fundamentación sistemática de la teoría cuántica de campos desde 1929 y esta técnica de renormalización fue una de sus primeras consecuencias.

Después de la Segunda Guerra Mundial el campo de la Física del Estado Sólido fue rápidamente emergiendo como un tema preeminente y muchos de sus problemas fundamentales ocupaban a una gran cantidad de investigadores en todo el Mundo. Por esa razón el **Noveno Congreso** realizado en 1951 fue dedicado a esa temática, y el siguiente, **Décimo Congreso** (1954), a Electrones en Metales. Ambos Congresos permitieron obtener una visión clara y definitiva de ambas problemáticas, muchas de las cuales mostraron tener importantes aplicaciones prácticas y tecnológicas.

Algunos progresos tecnológicos durante la Segunda Guerra Mundial comenzaron a abrir también nuevos horizontes para los estudios astronómicos, especialmente cuando comenzó a ser posible la observación de radiación de longitud de onda micrométrica, lo que posibilitó el inicio de la investigación de radio galaxias distantes. Por ese motivo, el **Décimo Primer Congreso**, realizado en 1958, fue dedicado a la discusión de la Estructura y Evolución del Universo. Y, asimismo, en el **Décimo Tercer Congreso**, desarrollado en 1964, se discutió la Estructura y Evolución de las Galaxias y en el mismo, el reciente descubrimiento de los cuásares despertó gran entusiasmo y encendidas discusiones entre los participantes.

Sin embargo, en un congreso anterior, el **Décimo Segundo Congreso** (1961) se volvió a la Teoría Cuántica de Campos, tema que ya había comenzado a discutirse en el octavo Congreso. Y este nuevo Congreso consolidó en forma definitiva los conceptos de la electrodinámica cuántica, ya que como bien lo hizo notar Richard Feynman (1918-1988) “Cincuenta años atrás, cuando se iniciaron estas Conferencias, uno de los problemas más discutidos fue la aparente naturaleza cuántica de la interacción entre la luz y la materia y ahora sabemos que, con la excepción de la gravitación y la radiactividad, todos los fenómenos conocidos por físicos y químicos en 1911 tienen su explicación definitiva en las leyes de la electrodinámica cuántica”.

El **Décimo Cuarto Congreso**, realizado en 1967, se dedicó otra vez a la temática de las partículas fundamentales del átomo y el tema central fue Problemas Fundamentales en Partículas Elementales. Este Congreso fue presidido por el químico y físico danés Christian Møller (1904-1980). El tema de las partículas elementales y el núcleo atómico también tuvo vigencia en el **Décimo Quinto Congreso**, realizado en 1970 y en el que se discutieron las

Propiedades de Simetría del Núcleo. Este Congreso estuvo presidido por el físico italiano Edoardo Amaldi (1908-1989).

Hasta el presente se han realizado 27 Congresos Solvay, el vigésimo octavo con el tema La Física de la Información Cuántica, estaba inicialmente planeado para octubre de 2020, pero debido a la pandemia mundial generada por el COVID-19, obligó a su postergación y finalmente se realizará durante octubre de 2022.

Para terminar, parece oportuno hacer mención de un comentario de Werner Heisenberg quien dijo: Las reuniones Solvay siempre serán ejemplo de cómo conferencias bien planeadas y bien organizadas pueden contribuir al progreso de la ciencia (Mehra 1975).

---

## Referencias

- Anthony JW, Bideaux RA, Bladh KW, Nichols MC (2004) Handbook of Mineralogy, online version. Mineralogical Society of America (Chantilly, EEUU). <http://www.handbookofmineralogy.org/>
- Coupin N (2013) Archetype of the inventor-entrepreneur. Chemistry International, 35:4-7.
- Encyclopedia of World Biography (2004) [http://www.encyclopedia.com/topic/Nicolas\\_Leblanc.aspx](http://www.encyclopedia.com/topic/Nicolas_Leblanc.aspx)
- Fernández T, Tamaro E (2004) Biografía de Ernest Solvay. En: Biografías y Vidas. Enciclopedia Biográfica en línea Barcelona. [https://www.biografiasyvidas.com/biografia\\_solvay.htm](https://www.biografiasyvidas.com/biografia/solvay.htm).
- Glanville E, Rau E (1973) Soda-ash manufacture - An example of what? Journal of Chemical Education, 50:64-65.
- Greenwood NN, Earnshaw A (1984) Chemistry of the Elements, Pergamon Press (Oxford, Reino Unido), pp. 1-1542.
- Holleman AF, Wiberg E (1958) Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 40a. Ed, Walther de Gruyter & Co. (Berlin, Alemania), pp. 1-663.
- Mehra J (1975) The Solvay Conferences in Physics, Reidel Publishing Co. (Dordrecht, Holanda), pp. 1-450.
- Notton HEF (1929) comentarios sobre la obra: "Vie d'Ernest Solvay" de P. Héger y O. Lefebure (J.E.Goossens, Bruselas, 1928). Journal of the Society of Chemical Industry, 48:378.
- Oesper RE, Deasy C (1938) Ernest Solvay (1838-1922). Journal of Chemical Education, 15:401.
- Oesper RE (1942) Nicolas Leblanc (1742-1806). Journal of Chemical Education, 20:567-572.
- Oesper RE (1943) Nicolas Leblanc (1742-1806). Journal of Chemical Education, 19:11-20.
- Rayner-Canham G (2000) Química Inorgánica Descriptiva, 2a. Edición. Pearson Educación (México), pp. 1-595.
- Strunz H (1978) Mineralogische Tabellen, 7a.Edición, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig (Leipzig, Alemania), pp. 1-621.
- Swaddle TW (1997) Inorganic Chemistry. An Industrial and Environmental Perspective, Academic Press, (San Diego, EEUU), pp. 1-211.
- U.S. Geological Survey (U.S. Department of Interior), Minerals Yearbook. Soda Ash, 2021.
- van Tiggelen B (2013) The Solvay chemistry council, and the Institute of Chemistry. Chemistry International, 35:8-11.
- van Tiggelen B, Fauque D (2012) The formation of the International Association of Chemical Societies. Chemistry International, 34:8-11.