

EL PROCESO QUÍMICO QUE CAMBIÓ EL MUNDO

El descubrimiento realizado por el químico alemán Fritz Haber, la síntesis de amoníaco a partir del nitrógeno del aire, es quizás el descubrimiento más importante del siglo XX.



• Jorge Concha Milla

Profesor de estado mención Química, Ingeniero en Industrias, Mg. en Educación Universitaria, Sede, Región de Coquimbo



La obtención de amoníaco a partir del nitrógeno del aire se conoce como el proceso Haber y Bosch, en honor a los dos científicos alemanes, Fritz Haber y Carl Bosch, quienes fueron galardonados con el premio Nobel el año 1918 por este descubrimiento.

La reacción química que revolucionó la agricultura hace más de 100 años, permitió mejorar los cultivos con la incorporación de fertilizante proveniente de este proceso y que se dejó de utilizar el nitrato de sodio de origen natural en muchos países del mundo y que se producía principalmente en la provincias de Tarapacá y Antofagasta, norte de Chile, donde se llegó a producir hasta 3 millones de toneladas al año, a raíz de esto la industria nacional entraría en crisis luego que la compañía alemana BASF en 1913 comenzó a producir nitratos sintéticos a partir del método Haber-Bosch.

Análisis e importancia y reacciones asociadas

Este avance científico-tecnológico puede ser analizado de muchas aristas y que incidió negativa y positivamente en transformaciones sociales, económicas, ambientales y políticas y en un periodo en el cual se desarrolló la Primera Guerra mundial. Un primer análisis, muy utilizado para explicar fenómenos químicos en el aula es la reacción entre nitrógeno e hidrogeno para fabricar amoníaco cuando se estudia en las reacciones aspectos cuantitativos del equilibrio químico, uso de catalizadores y el principio de Le Chatelier y que dice relación cuando un sistema en equilibrio es perturbado por un cambio de temperatura, presión o concentración en uno de los componentes, el sistema desplazara su posición de equilibrio de modo se contrarreste el efecto de la perturbación. Haber buscó los factores que se podían modificar para aumentar el rendimiento en la obtención de NH_3 , calculó los valores de la constante de equilibrio que se

formaban en distintas condiciones de presión y temperatura observando que el porcentaje se favorece al aumentar la presión y disminuir la temperatura por estar en presencia de una reacción exotérmica, si se extrae continuamente el NH_3 formado, el rendimiento de la reacción aumenta de forma extraordinaria. Como es conocido, esta, reacción no se produce a temperatura ambiente, ya que el N_2 gas necesita mucha energía para romper el triple enlace y disociarse. Fritz Haber desarrolló una síntesis catalítica de amoníaco a partir de nitrógeno del aire e hidrógeno gaseosos. El nitrógeno gaseoso es el componente principal de la atmósfera por lo tanto se encuentra disponible en abundancia esta materia prima, lo que abarata el proceso. Por otra parte, el hidrógeno se obtiene principalmente de combustibles fósiles a través del proceso de reformado por vapor proveniente de la producción de gas natural. El proceso se lleva a cabo a 300-500 atm y a temperaturas en torno a 460-550 °C. Esto es así porque, al ser una reacción reversible y exotérmica, si se aumenta mucho la temperatura, se desplazaría el equilibrio hacia la izquierda, se absorbería calor y conllevaría a la formación de sus reactivos (H_2 y N_2).

Hay que mencionar la importancia de la intervención del catalizador utilizado por Haber. El proceso de Haber-Bosch empleo catalizadores de tipo heterogéneos y que consiste en un mineral de magnetita reducido (Fe_3O_4) que se basa en catalizadores para acelerar la hidrogenación de N_2 . Los catalizadores son "heterogéneos", lo que significa que son sólidos que interactúan con reactivos gaseosos

Al establecerse enlaces entre las moléculas de los reactivos y la superficie del catalizador hace que se debiliten sus otros enlaces disminuyendo sustancialmente la energía de activación necesaria para la formación de NH_3 , acelerándose así la reacción. El catalizador actúa absorbiendo las moléculas de N_2 en su superficie

debilitando el enlace N-N interatómico, los cuales, al disociarse, se unen a los átomos de H que provienen de la disociación de hidrógeno, ambas disociaciones se producen en la membrana del catalizador.

En la producción industrial del amoníaco, el NH_3 , este se extrae continuamente, licuándolo en forma selectiva; el punto de ebullición del NH_3 es mucho mayor que el N_2 y H_2 . El NH_3 líquido se extrae, y el N_2 y H_2 se recicla para formar más NH_3 .

Salitre artificial y crisis del Salitre

Avanzando en las implicancias del descubrimiento del salitre sintético examinamos la crisis ocasionada a una de las principales actividades económicas de Chile entre 1880 y 1930.

La historia del salitre trata del ciclo económico que ocurrió en Chile con el descubrimiento de yacimientos de salitre en el desierto de Atacama, en las actuales regiones chilenas de Tarapacá y Antofagasta. Perú también fue una nación productora de salitre, pero fue Chile que logró un monopolio del salitre desde 1879 llegando a producir 2.500.000 toneladas de nitrato en 1910. No es exagerado afirmar que la economía chilena del período 1900-1930 giraba en torno al salitre, exportando en grandes cantidades a Europa- Reino Unido, Alemania, Francia- y Estados Unidos, donde era usado principalmente como fertilizante. La gran cantidad de recursos y la buena conectividad facilitaron que el país tuviera el monopolio sobre su producción. Sin embargo, esto no aseguró el desarrollo sostenido, ya que la industria salitrera vivió etapas de auge y crisis de manera periódica.

El Estado chileno resolvió dejar en manos privadas la explotación del salitre, pero aplicó un elevado impuesto a la exportación, generando grandes recursos para las arcas fiscales. Los capitales que predominaron fueron chilenos y peruanos, pero luego, se incorporaron capitales alemanes, italianos, franceses, españoles y croatas y mayoritariamente ingleses.

Entre 1895 y 1899, se registró la existencia de 48 oficinas salitreras, en las cuales trabajaban más de 18.700 operarios; entre 1910 y 1914 esta cifra se triplicó, ascendiendo a 118 oficinas y 46.500 trabajadores [1]

Como es muy bien sabido, los alemanes, amenazados por la guerra y por la torpe política de los monopolios del salitre natural, estos consiguieron llegar a producir el producto sintético a principios de siglo, progresando con tanta rapidez que ya en 1922 lo vendían a precios inferiores al salitre natural. Algunos impul-

sores de las políticas de desarrollo comerciales advertían de las posibles crisis económicas que podía tener la industria del salitre concretándose con el descubrimiento de la síntesis industrial y a esta crisis de origen tecnológico se unió en 1929 el impacto de la Gran Depresión que azotó al mundo[2].

El cierre de las salitreras provocó una grave cesantía, un deterioro de los recursos económicos de los grupos más pudientes, y sobre todo del Estado de Chile, el que debió paliar con ayuda alimenticia y habitacional a la masa de mineros cesantes que emigraron hasta el centro del país.

Impacto en la agricultura

En la agricultura durante la década de 1800, los países densamente poblados de Europa, como Alemania, Gran Bretaña, utilizaron guano (estiércol de las aves marinas) procedente de islas frente a las costas de Perú y el salitre de Chile como la principal fuente de fertilizante nitrogenado natural, pero estas fuentes naturales de nitrógeno no son suficientes para mantener la agricultura de alto rendimiento actual.

Casi todos nuestros fertilizantes nitrogenados contienen nitrógeno fijado al amoníaco del nitrógeno atmosférico mediante un método llamado proceso Haber-Bosch. En combinación con los avances en el mejoramiento, herbicidas y pesticidas, estos fertilizantes han ayudado a aumentar la productividad de las tierras agrícolas.

Indicaciones científicas [3] indican que el proceso Haber-Bosch es uno de los mayores contribuyentes a la acumulación de nitrógeno reactivo en la biosfera, lo que provoca una interrupción antropogénica del ciclo del nitrógeno.

Cuando los compuestos de nitrógeno se filtran hacia ríos y mares, estimulan el crecimiento de unos organismos más que otros. El resultado incluye la creación de "zonas muertas" en los océanos, donde la proliferación de algas en la superficie bloquea la luz solar y mata a los peces que existen debajo.

El proceso Haber-Bosch no es el único responsable de estos problemas, pero es uno de los principales. Y no va a desaparecer rápidamente; se proyecta que la demanda de fertilizantes se duplicará en el transcurso de este siglo.

El nitrógeno es esencial para la vida y la producción de alimentos. Sin embargo, los cultivos solo absorben la mitad del nitrógeno aplicado en promedio y, una vez consumido, los seres humanos



y los animales utilizan solo una fracción de este y excretan el resto. El resto se almacena temporalmente en el suelo o se pierde en el medio ambiente. Las pérdidas de nitrógeno pueden causar contaminación por nitrógeno, uno de los problemas ambientales más importantes que enfrenta la humanidad, que tiene como resultado impactos que van desde la eutrofización y la contaminación del aire hasta la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y el agotamiento del ozono estratosférico. Estos impactos contribuyen directa e indirectamente a una serie de problemas de salud humana, que incluyen enfermedades respiratorias, enfermedades cardíacas y varios tipos de cáncer.

Aportes y avances en la industria

Bosch, un ingeniero de BASF, superó algunos problemas de ingeniería sin precedentes asociados con la enorme presión requerida por el proceso, para Bosch, entonces, la tarea principal era los ensayos de materiales, entonces era identificar y controlar problemas en materiales para la instrumentación y la Ingeniería de Procesos.

Económicamente la presurización de los reactores eran de alto costo: las tuberías, válvulas y otros recipientes de reacción debían reforzarse, y tomar en cuenta consideraciones de seguridad cuando se trabaja a altas presiones y temperaturas, asimismo, el funcionamiento de los compresores requiere una energía considerable, ya que se debe trabajar con el gas muy compresible.

Antes del desarrollo del proceso Haber, el amoníaco había sido difícil de producir a escala industrial, con métodos tempranos como el proceso Birkeland-Eyde (arco eléctrico)[4] y el Frank-Caro (horno eléctrico, resistencia eléctrica)[5] siendo todos altamente ineficientes.

Hoy en día, la mayoría de las plantas se asemejan al proceso Haber original (200 bar y 500 °C), aunque con una conversión de un solo paso mejorada y un menor consumo de energía debido a la optimización del proceso y del catalizador.

El proceso y desarrollo de los explosivos

En realidad, la aplicación bélica del amoníaco despertó en los industriales alemanes un interés mucho mayor que su uso como fertilizante, la lista de aplicaciones del amoníaco es enorme entre ellos la fabricación de explosivos, donde Fritz Haber tuvo una importante labor en el desarrollo de suministros químicos para el ejército alemán.

Conclusiones

Son muchas las lecciones que se pueden desprender de este tema, la producción industrial de un producto químico ampliamente usado y que significó para Fritz Haber y muchos ingenieros industriales y científicos de diferentes áreas, entrar el campo de la Investigación como fue en la búsqueda de nuevos catalizadores, trabajo en altas presiones, búsqueda de nuevos materiales más resistente, además en el campo de innovación que incluyó cambios significativos en esa época como respuesta a una necesidad ante el aumento de la población y empobrecimiento y bajo rendimiento de los campos de cultivos.

Referencias

- [1] La vida cotidiana en la pampa salitrera (1830-1930) en: <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-3548.html>
- [2] El caso de la dependencia salitrera en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-26812014000300010
- [3] Nitrogen pollution policy beyond the farm en: <https://www.nature.com/articles/s43016-019-0001-5>
- [4] Proceso Birkeland-Eyde en: https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Birkeland-Eyde
- [5] Proceso Frank-Caro en: https://es.qaz.wiki/wiki/Frank%E2%80%93Caro_process#:~:text=El%20proceso%20de%20Frank%2DCaro,alcanza%20la%20temperatura%20de%20reacci%C3%B3n

