

Propuesta didáctica para abordar el equilibrio químico: Fritz Haber y la síntesis de amoníaco

Rodríguez Zavala Olivia

Escuela Nacional Preparatoria 5 “José Vasconcelos”, UNAM
oli0570@yahoo.com.mx

Panting Magaña José Martín

Escuela Nacional Preparatoria 5 “José Vasconcelos”, UNAM
josepanting_69@hotmail.com

Flores de Labardini Teresita

Escuela Nacional Preparatoria 5 “José Vasconcelos”, UNAM
trelabar@hotmail.com

RUBRO: Retos educativos

FOLIO: 047

RESUMEN

Los estudiantes de bachillerato muestran poco interés por la historia de la ciencia. De acuerdo con Solbes y Traver (1996), los alumnos consideran que los eventos anteriores a la actualidad carecen de valor. Si la historia misma es poco popular, la historia de la ciencia tiene un papel marginal en la enseñanza, específicamente de la química y no forma parte de los currículos escolares a nivel bachillerato en nuestro país. Es poco conocida por los profesores y en consecuencia por el alumnado.

La importancia de incluir a la historia de la ciencia dentro del currículo es que pone de manifiesto la forma en que se elabora la ciencia, sus avances a lo largo del tiempo, los cambios de paradigma, los obstáculos tecnológicos que se han tenido que superar, los descubrimientos accidentales y su interpretación, además, en algunas ocasiones clarifica las concepciones alternativas tanto de los profesores como de los alumnos. Otro punto importante es que requiere la para hablar de historia de la ciencia se requiere de la interdisciplinariedad porque exige construirla desde diversos ámbitos y áreas de conocimiento.

Comprender un concepto científico no consiste solamente en conocer el significado de su definición, es necesario también, conocer en qué contexto surge, con qué otros conceptos se relaciona y se diferencia, en qué condiciones socio históricas se formó y qué cambios sufrió.

Para ejemplificar la contextualización y construcción de un concepto científico se eligió el tema de Equilibrio químico. Este tema desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias presenta grandes dificultades de comprensión para los alumnos de acuerdo con diversos trabajos (Jonhstone, 1977; Gorodetsky, 1986; Quílez y Sanjosé, 1995

Propuesta didáctica para abordar el equilibrio químico: Fritz Haber y la síntesis de amoníaco

INTRODUCCIÓN

Los estudiantes de bachillerato muestran poco interés por la historia de la ciencia. De acuerdo con Solbes y Traver (1996), los alumnos consideran que los eventos anteriores a la actualidad carecen de valor. Si la historia misma es poco popular, la historia de la ciencia tiene un papel marginal en la enseñanza, específicamente de la química y no forma parte de los currículos escolares a nivel bachillerato en nuestro país. Es poco conocida por los profesores y en consecuencia por el alumnado. Es importante considerar el informe de la ALLEA (All European Academies) sobre el papel de la historia de la ciencia en la educación (Hernández, 2006), en él se señala que:

“...La historia de la ciencia es una parte olvidada, en forma inexplicable, de la historia universal (...). Se ha considerado natural el que la historia militar, la historia de la economía y otras partes de la historia, formen parte de la historia universal y éstas se han incluido en el currículo. No es éste el caso de la historia de la ciencia”

La importancia de incluir a la historia de la ciencia dentro del currículo es que pone de manifiesto la forma en que se elabora la ciencia, sus avances a lo largo del tiempo, los cambios de paradigma, los obstáculos tecnológicos que se han tenido que superar, los descubrimientos accidentales y su interpretación, además, en algunas ocasiones clarifica las concepciones alternativas tanto de los profesores como de los alumnos. Otro punto importante es que para hablar de historia de la ciencia se requiere de la interdisciplinariedad porque exige construirla desde diversos ámbitos y áreas de conocimiento.

Comprender un concepto científico no consiste solamente en conocer el significado de su definición, es necesario también, conocer en qué contexto surge, con qué otros conceptos se relaciona y se diferencia, en qué condiciones socio históricas se formó y qué cambios sufrió.

Para ejemplificar la contextualización y construcción de un concepto científico se eligió el tema de Equilibrio químico. Este tema desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias presenta grandes dificultades de comprensión para los alumnos de acuerdo con diversos trabajos (Jonhstone, 1977; Gorodetsky, 1986; Quílez y Sanjosé, 1995).

OBJETIVOS

La finalidad principal de este trabajo es presentar una propuesta didáctica que permita integrar la historia de la ciencia con la enseñanza del equilibrio químico tomando como ejemplo el descubrimiento de las condiciones de síntesis del amoníaco. El material que se presenta en este trabajo está enfocado para el profesor.

Los objetivos principales de dicha propuesta son:

- Ubicar históricamente el descubrimiento de la síntesis de amoníaco
- Reflexionar acerca de los motivos que permitieron el desarrollo de dicho descubrimiento.

MÉTODO

Para el desarrollo de dicho material se realizó en varias etapas:

- La elección de una pregunta que guiará la investigación
- La búsqueda de información en diversos medios.
- La construcción de un diagrama heurístico en donde se enlaza la parte histórica y actual de la información.
- El desarrollo del material didáctico para el profesor

RESULTADOS

Construcción del diagrama heurístico

Para planificar la investigación se utilizó el diagrama heurístico (Chamizo e Izquierdo, 2007) en donde se muestra una pregunta central que guiará la investigación. En el diagrama se incluye una sección de conceptos y modelos involucrados así como el contexto histórico determinado.

A continuación el diagrama heurístico construido para responder la pregunta central.

MODELOS

Marco histórico

Catalizador, término introducido por J Berzelius (1836) tomado de Alexander J. (1946).

Teorema del calor. El incremento de entropía de todo proceso isotermino y reversible de un cuerpo puro y condensado tiende a cero cuando la temperatura tiende a cero $\lim_{T \rightarrow 0} S(T) = 0$. (Kox A., 2006).

Actualidad

Mecanismo de acción del catalizador en el proceso Haber-Bosch-Verfahrens (Ertl G., 2003)

Teorema del calor. (Planck) Toda sustancia pura tiene una entropía positiva y finita, dicho valor tiende a cero cuando la temperatura tiende a anularse y la sustancia se condensa $\lim_{T \rightarrow 0} S(T) = 0$ (Kox A., 2006).

LENGUAJE

Marco histórico

Teorema del calor (Haber F., 1920)

Catalizador (Alexander J., 1946)

Equilibrio químico para la reacción de obtención del amoníaco (Maxted E., 1921)

Actualidad

Tercera Ley de la Termodinámica (Kox A., 2006)

Catalizador (Ertl G., 2003)

Equilibrio químico (Guerasimov, Y., et al., 1986)

APLICACIÓN

Marco histórico

Utilizado como intermediario para la producción de nitrato a través del proceso de Oswald (Blockweider, E., 1920). Estos nitratos se usaron como fertilizantes, pero también en la fabricación de explosivos, productos químicos y tintes. El amoníaco como tal se usaba para la fabricación de hielo, muy importante en los hospitales. (Jones G., 1920)

Actualidad

En la industria de explosivos; en la textil para producir el rayón y nylon; en la producción de fertilizantes y en la industria farmacéutica para obtener las sulfonamidas, vitaminas y medicamentos antipalúdicos. (Mithcell S. et al 2004).

Bajo las condiciones socioeconómicas que vivió Alemania en 1910 ¿Cómo encontró Haber las condiciones para la síntesis de amoníaco?

HECHOS

El gobierno chileno aumentó los aranceles a \$11.19 por tonelada de nitrato (3.38 pesos en oro) exportado. (Jones G., 1920).

Uno de los usos principales de los nitrato sera la producción de fertilizantes. (Sánchez J., 1992)

Inicio de la Primera Guerra Mundial y la necesidad de producir bombas, explosivos y gases venenosos. (Szökösi-Janze M., 1997)

Nernst y el teorema del calor (Haber F., 1920)

ANÁLISIS

Los métodos anteriores para fijar nitrógenos eran muy costosos.

En las primeras pruebas realizadas por Haber el mejor catalizador fue el Mn.

A 700°C se obtiene la mayor constante de equilibrio.

RECOPIACIÓN

T (°C)	Catalizador	$K_p \times 10^6$
700	Mn	6.6
750	Mn	4.77
800	Mn	3.58
804	Fe	3.27
850	Fe	2.85
850	Ni	2.8
930	Fe	1.9
930	Ni	1.85
1000	Fe	1.47
1000	Ni	1.44
1000	Cromo	1-39

Método	
Destilación del carbón	Se obtiene 2.75 kg de N/ton C
Síntesis de NH ₃ con cianamida	Se invertía 130-200 GJ/ton N
Arco eléctrico	Se invertía 700 M.J/ton N
Proceso Haber	500°C

(Maxted E., 1921)

T (°C)	$K_p \times 10^4$
700	6.8
750	4.68
800	3.34
850	2.79
930	2.00
1000	1.48

Datos obtenidos por Haber y Le Rossignol (Maxted E., 1921)

DATOS

- Inicio sus experimentos a una temperatura de 1000°C. Se obtenían resultados entre el 1 y 100%.
- Experimentó con diversos catalizadores: Ni, Fe, Mn, Cr, U y Os. Los mejores fueron los dos últimos
- Se cambió las dimensiones del aparato donde se obtenía amoníaco y el nuevo aparato debería de cumplir con las siguientes características:
 - Eliminar el amoníaco producido sin disminuir la presión
 - Eliminar el calor producido durante la reacción
 - Enviar gases frescos al sistema.
- Comparación costo-beneficio con métodos anteriores para obtención de amoníaco. (Smil V., 2001)

Investigación

En el siguiente apartado se muestra parte de la información que se proporcionará al profesor:

ANTECEDENTES

El 28 de junio de 1914 se encontró el pretexto para iniciar la Primera Guerra Mundial, Francisco-Fernando, heredero del trono de Austria-Hungría, era asesinado en Sarajevo junto con su esposa, la duquesa de Hohenberg por disparos de terroristas serbios. En julio, con el apoyo del Kaiser Guillermo II, Viena decidió presentar un ultimátum a Serbia, redactado en términos difícilmente aceptables. El 23 de julio, la nota llegó a poder del gobierno serbio, con la indicación de que disponía de 48 horas para responder, sin discusiones ni negociaciones. El día 25 del mismo mes, Serbia respondía que aceptaba todas las condiciones menos una, la que preveía la participación de agentes austro-húngaros en investigaciones dentro de territorio serbio. Inmediatamente el imperio austro-húngaro rompió relaciones diplomáticas, como pretendió desde el principio, y el 28 declaraba la guerra a Serbia. Por su parte los británicos, que habían preferido una mediación, declaraban la guerra a Alemania veinticuatro horas después, el mismo día que los alemanes invadían Bélgica.

La Primera Guerra Mundial trajo consigo un drástico cambio en los esquemas de comportamiento, valores y sistemas de organización social y económica, motivando a que la ciencia se desarrollará a mayor velocidad para cubrir las necesidades de los ejércitos y sus armas, adecuar instalaciones y probar la eficacia de estos avances. Con este panorama, otros países involucrados en la guerra, como Gran Bretaña, Estados Unidos e incluso Japón, se vieron obligados a impulsar la ciencia y tecnología, a fin de poder obtener igualdad de poderío bélico como lo había logrado Alemania.

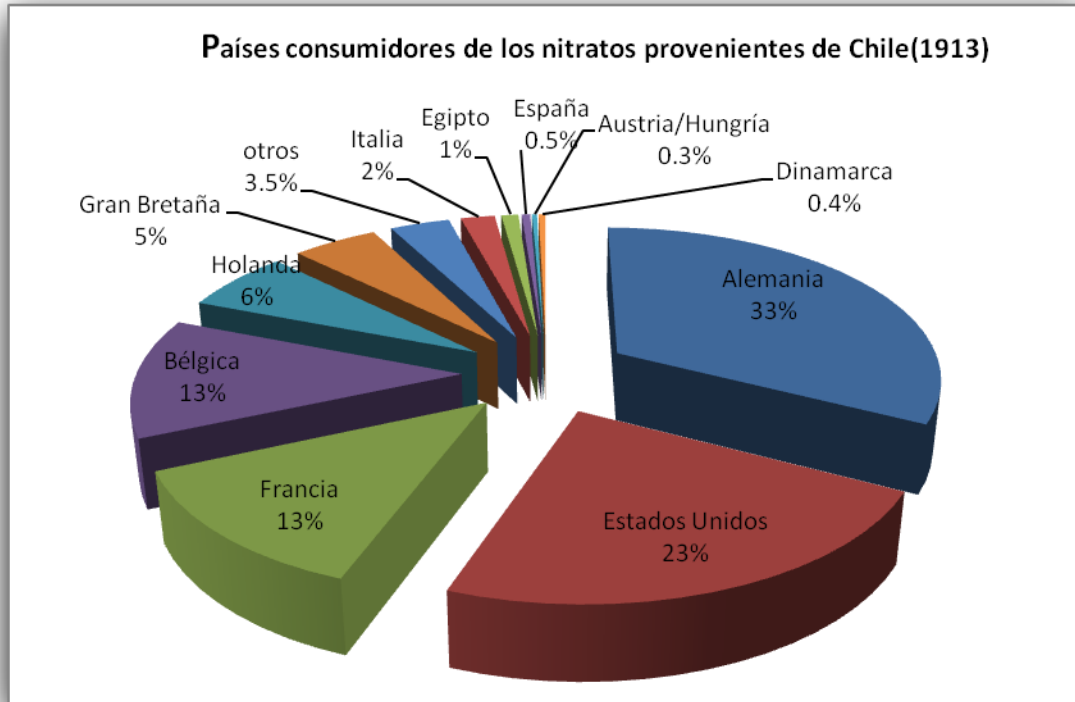
Geopolíticamente hablando, la mayoría de las situaciones que motivan conflictos entre países, se originan por el permanente descubrimiento y apropiación de espacios, con el propósito de garantizar el uso de recursos naturales estratégicos, y así poder sostener la supremacía que toda potencia industrial desea.

Un punto clave en el desarrollo de esta guerra fue la búsqueda de un proceso redituable para fijación de nitrógeno. Este elemento tuvo múltiples aplicaciones entre las que destacan:

- En forma de sales de amonio, como fertilizante para elevar la productividad agrícola.
- Como nitratos o ácido nítrico, para la producción de pólvora negra, dinamita y otras sustancias usadas como materia prima para la producción de torpedos y bombas profundas, trinitrotolueno, ácido pícrico, picrato de amonio; éstos dos últimos usados en la fabricación de granadas de mano.
- En forma de nitrato de potasio para la producción del nitrocelulosa, útil en la cinematografía.
- El amoníaco era utilizado como refrigerante en la fabricación de hielo, lo cual revolucionó la cadena de distribución y conservación de alimentos. La producción de hielo también fue importante para la conservación de medicamentos.
- El amoníaco se utilizó para la síntesis de medicamentos y en el hogar como agente limpiador.

En aquel tiempo la fuente principal de obtención de nitrógeno era la sal pétrica (nitrato de sodio) cuyo principal productor y proveedor en grandes volúmenes era la República de Chile y en menor proporción la India.

El principal productor de nitratos en la época fue Chile y que el mayor consumidor, fue Alemania en 1913.



Alemania por ser el principal importador de nitratos chilenos, al iniciar la guerra, ejerció toda una serie de acciones militares para asegurarse el suministro de esta materia prima tan importante y mantener activa su maquinaria bélica. Entre estas medidas destacó el envío de cinco barcos alemanes bajo el mando del almirante von Spee para resguardar las costas de Chile. En respuesta, la Gran Bretaña envió al mando del almirante inglés Craddock una flota de tres buques que atacaron sin éxito a los alemanes. Después de esta derrota, los ingleses enviaron el 8 de diciembre de 1914 a ocho buques bajo el liderazgo del almirante Surdee y en la batalla de las islas Falkland (Malvinas) derrotaron a los alemanes, y de esta forma permitió el acceso y control de la ruta de los nitratos a favor de los ingleses (Jones G., 1920).

Antes de que comenzara la Primera Guerra Mundial existían varios métodos para la fijación de nitrógeno (tabla 1), sin embargo, los tres métodos presentaban inconvenientes como en el caso de la destilación de la hulla para la obtención de amoníaco, si bien la cantidad de energía requerida era menor que los otros métodos, la hulla necesaria para obtener amoníaco era muy grande ya que sólo posee entre el 0.4 al 2.5% de nitrógeno.

Tanto el método del arco como el de la cianamida se requerían temperaturas elevadas y por lo tanto la energía requerida era grande.

Tabla 1

Método	Reacción	Energía requerida ¹ GJ/ton N	kW/ton N ²
A partir de la destilación en seco de la hulla	El nitrógeno que está combinado en forma orgánica con el carbono es transformado en amoníaco.	4.5 * Hulla presenta del 0.4 al 2.5% de N	
<i>Método de arco</i> Cavendish H., 1775 Comercial: Brandley y Lovejoy D., 1902	$N_2 + O_2 \rightarrow N_2O_3$ $N_2O_3 + H_2O + O_2 \rightarrow 2 HNO_3 + O_2$ $2 HNO_3 + CaO \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O$	800-1000°C / 180- 270	8.4
<i>Método de Cianamida</i> Frank A., Caro 1895	$CaC_2 + N_2 \rightarrow CaCN_2 + C$ $CaCN_2 + 3 H_2O \rightarrow 2 NH_3 + CaCO_3$	1000°C / 130	2.3

¹ datos obtenidos en Smil V., 2001

² datos obtenidos de Jones G., 1920

*dato calculado a partir de la página de internet

<http://64.233.167.104/search?q=cache:B1bKU9toAr4J:www.mityc.es/NR/rdonlyres/39D61EAC-38AC-45F3-82D8->

ANÁLISIS

Esta es apenas la propuesta del material para el profesor y no se ha evaluado, próximamente se espera tener los resultado.

CONCLUSIONES

El proceso de síntesis de amoníaco es un ejemplo de cómo la historia muestra cómo se va construyendo la ciencia, de cómo evoluciona con las necesidades sociales, económicas y militares. También se ejemplifica la naturaleza de los

problemas científicos de la época y el modo en que estos problemas se conectan con las necesidades de los individuos y la sociedad.

A través del contexto de la síntesis de amoníaco permite demostrar que ninguna idea nueva, ninguna hipótesis surge de la nada, sino que se basa en hechos determinados. El descubrimiento de las condiciones para la síntesis de amoníaco implicó interrelacionar diversos descubrimientos previos como el Principio de Le Chatelier, catalizadores, el concepto de equilibrio químico entre otros conceptos. Esto significa que la ciencia no es obra básicamente de los grandes genios, ni de su talento innato, sino que tiene un carácter colectivo y es fruto del trabajo de muchos hombres y mujeres.

REFERENCIAS

- Alexander J. (1946). "Catalysis in industry, biology and medicine" *The Scientific Monthly* 62(5) pp 407-416.
- Chamizo J.A., Izquierdo M. (2007). La evaluación de competencias de pensamiento científico, *Educación Química* 18(1), pp 6-11.
- Ertl G.(2003). Brot aus Luft. Zum Mechanismus des Haber Bosch-Verfahrens. Akademie-Journal 1, version electronic consultada por última vez el 26 de abril del 2011 http://www.akademienunion.de/_files/akademiejournal/2003-1/AKJ_2003-1-S-14-18_ertl.pdf
- Gorodetsky M., Gussarsky E. (1986). Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods. *Eur. J. Sci. Educ.*, 8 (4), pp 427-441.
- Guerasimov Y., Dreving V., Eriomin E., Kiseliov A., Lebedev V., Panchenkov G., Shliguin A. (1986). *Curso de Química Física*. Mir, Rusia.
- Haber F. (1920). The synthesis of ammonia from its elements Nobel Lecture, presented June 1920. In *Nobel Lectures: Chemistry* pp 326-340.
- Hernández M. La historia de la ciencia en la enseñanza secundaria española. Consultado por última vez el 26 de abril del 2011 en: http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/fundoro/archivos%20adjuntos/publicaciones/penelope/01_Miguel_Penelope.pdf

- Jones G. (1920). Nitrogen: Its Fixation, Its uses in peace and war. *The Quarterly Journal of Economist*, 34(3), pp 391-431
- Kox A.J., (2006). Confusion and clarification: Albert Einstein and Walther Nernst's Heat Theorem, 1911-1916. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 37, pp 101-114.
- Martínez F., Repetto E. Utilización didáctica en la enseñanza de la física y química de bachillerato de la biografía y producción científica de investigadores Consultado por última vez el 26 de abril del 2011 en <http://webpages.ull.es/users/apice/pdf/124-028.pdf>
- Maxted E., (1921). *Ammonia and the nitrides*. J & A Churchil, Londres
- Mithchell S., (2004). Ammonia Kirk-Othmer *Encyclopaedia of Chemical Technology*, Wiley-Interscience, Estados Unidos
- Nase R., Speltni C. (2009). Los contextos de descubrimiento y de justificación en la enseñanza de la química. *II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales* II(2), pp 223-229.
- Quilez J., Sanjosé V. (1995). Errores Conceptuales en el estudio del Equilibrio Químico: Nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del Principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp.72-79.
- Smil V. (2001). *Enriching the Earth. Fritz Haber, Carl Bosch, and transformation of world food production*. Ed. MIT Press, Inglaterra.
- Solbes J., Traver M. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de la Ciencias* 14(1); pp 103-112.