

IMPORTANCIA DE LA QUÍMICA DESCRIPTIVA EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA. PROPUESTA DE UN MODELO PARA SU APRENDIZAJE

QUÍLEZ PARDO, J.⁽¹⁾ y LLOPIS CASTELLÓ, R.⁽²⁾

(1) Ext. Institut de Batxillerat. Bocairent (València).

(2) EUITA. València.

SUMMARY

This paper tries to establish a methodology for teaching Descriptive Chemistry by applying basic principles and the social dimension of Chemistry in a stimulating way. The selection of ammonia for this purpose is based on these assumptions.

INTRODUCCIÓN

En el proceso enseñanza/aprendizaje de cualquier disciplina científica, la aplicación de los principios básicos a problemas concretos y próximos puede mejorar la estrategia didáctica del docente y reforzar el aprendizaje de los alumnos.

Los programas de Química de BUP y COU están dedicados, principalmente, a presentar los principios básicos de Química (estequiometría, estructura atómica y periodicidad, enlace químico, termoquímica, equilibrio químico, cinética, funciones orgánicas). La dificultad de establecer las relaciones existentes entre estos principios básicos (conceptos, leyes y teorías), se debe, en gran medida, a que la aplicación práctica que se da a los mismos es generalmente nula.

La inclusión de capítulos dedicados a la Química Descriptiva es limitada en el currículo de Química de BUP y COU, aunque existen en el programa de este último nivel unos capítulos que consideramos de un particular interés. Sin embargo, estos temas son abordados normalmente desde un punto de vista memorístico, tanto en su estudio como en su evaluación, haciendo que muchos profesores y la mayoría de los alumnos consideren estos

capítulos áridos y aburridos. Todo ello hace que ante estos temas exista una actitud bastante negativa, siendo elevado el número de profesores detractores, que consideran que estos capítulos deberían eliminarse del programa de Química de COU, ya que, además de aburrir a los alumnos, no existe tiempo para abordarlos.

EL AMONIACO. UN MODELO PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA DESCRIPTIVA

A lo largo de la historia de la Humanidad, la Química ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de nuestra civilización. Los profesores debemos hacer notar a nuestros alumnos la importancia de la Química en nuestra vida diaria (Paoloni 1981).

Esta interconexión entre Ciencia y Sociedad es ignorada por los estudiantes, los cuales no son capaces de aplicar a su vida diaria el conocimiento científico que están

adquiriendo en su aprendizaje (Yankwich 1984). Esto es debido al hecho de que las relaciones científico-sociales no son contempladas en los textos usuales de Química General y su inclusión en los programas ha provocado controversias (Fensham 1976). Pero, como señala Gil (1985), la cuestión está en recuperar estos aspectos históricos, de interacción ciencia/sociedad y romper con una tradición que con éxito ha conseguido convertir la enseñanza de la Química (y de las ciencias, en general) en pura transmisión dogmática de conocimientos. La discusión del papel social de la ciencia puede contribuir a devolver al aprendizaje de la Química la vitalidad que el propio desarrollo científico tiene.

Por otro lado, un gran número de artículos que consideran la enseñanza de la Química Descriptiva, han sido publicados en los últimos años (*Journal of Chemical Education*, 1980-87), plasmándose en todos ellos como idea básica el excesivo énfasis puesto sobre los principios teóricos, menospreciando con ello el conocimiento e interpretación de importantes reacciones y procesos.

Teniendo en cuenta la discusión anterior, pensamos que todo estudiante que finalice con éxito la Química de COU, además de dominar los principios básicos aprendidos, debe ser capaz de:

a) Aplicar esos principios químicos al estudio de las propiedades y reacciones de los elementos y compuestos más importantes.

b) Transferir este conocimiento a los procesos químicos que de forma directa o indirecta tienen influencia en su vida diaria.

c) Conocer que la aplicación del conocimiento científico ocasiona ventajas e inconvenientes a la sociedad, de manera que ante una información que proceda de su entorno, tenga una mínima capacidad de crítica.

Con el fin de establecer relaciones entre los principios básicos de Química, hacer ver a los estudiantes el papel jugado por la Química en la sociedad moderna, despertar su atención hacia propiedades y procesos químicos de su vida diaria, intentando romper la barrera existente entre lo que se enseña en el aula y el mundo real (Carter 1982, Yager y Penick 1984) e incrementar, en definitiva, su interés hacia el estudio de la Química, decidimos investigar nuevos métodos de introducción de la Química Descriptiva, intentando que la nueva aproximación se realizase de una forma estimulante.

La selección del amoníaco y sus derivados para este trabajo se basa en el conjunto de consideraciones expuestas anteriormente, ya que permite la presentación de un modelo para la enseñanza de la Química Descriptiva de forma que pueden aplicarse los principios básicos, previamente aprendidos de forma teórica y, al mismo tiempo, proporciona un tema con evidentes efectos en la sociedad. La importancia que ha tenido su síntesis para nuestro mundo, el estudio de los factores químicos que condicionan su obtención, sus particulares propiedades físicas y su versatilidad química, que hace que exista una gran cantidad de productos industriales derivados, per-

mite que el estudio del amoníaco sea un tema especialmente atractivo.

FUNDAMENTOS DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

El problema que señala Gil (1985) de falta de motivación de los alumnos de ciencias y de muchos profesores encuentra, como ya se ha señalado, especial relevancia en el caso de la Química Descriptiva. Compartimos la idea de que una posible vía de solución al problema contempla la implicación en tareas abiertas, de investigación, potenciando los debates y la puesta en común, así como los aspectos ya señalados de consideración del desarrollo histórico de la ciencia, discusión del papel social de la ciencia, etc.

El modelo que a continuación presentamos consiste fundamentalmente en un programa-guía (Gil y Martínez-Torregrosa 1987), donde las actividades han sido cuidadosamente seleccionadas y revisadas (Driver y Oldham 1986), formulándose la mayoría de ellas con motivo de la proyección de un conjunto de transparencias expresamente confeccionadas para este fin (Quílez y Llopis 1985). Estas láminas para retroproyector juegan un papel fundamental en el desarrollo de la clase. Cada una de las mismas suele ayudar a resolver las actividades planteadas o bien provocan elementos para el debate, intentando fijar la atención del alumno en los aspectos más relevantes. En cualquier caso, las actividades propuestas pretenden ser un motor de una metodología de descubrimiento dirigido.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Importancia del nitrógeno

Se realiza una primera serie de actividades de sensibilización/motivación al tema. Todas ellas giran en torno a la importancia del nitrógeno en nuestras vidas, empezando a explicitarse las ideas que poseen los alumnos.

Una vez reconocida por los alumnos la importancia del nitrógeno en sus vidas se plantea el hilo conductor que va a desarrollar todo el tema que es saber si esos compuestos se encuentran directamente en la Naturaleza y en cantidad suficiente o si el hombre debe incrementar las cantidades de los compuestos nitrogenados naturales y obtener nuevos productos derivados del nitrógeno para satisfacer sus necesidades (Arena 1986). En este segundo caso será necesario proceder a un estudio del mejor procedimiento para su obtención y de sus propiedades.

Análisis histórico de la fijación del nitrógeno

Sendas transparencias hacen de hilo conductor del análisis histórico que hace necesaria la síntesis de una

sustancia con gran versatilidad química, mediante un proceso asequible, de manera que se incremente el nitrógeno fijo proveniente de la Naturaleza para satisfacer las necesidades del hombre. En este sentido, a sendos grupos de alumnos se les ha encargado previamente una revisión bibliográfica de los siguientes puntos: fertilizantes, explosivos, colorantes, sulfamidas, fibras sintéticas y análisis de la población mundial. Una breve exposición de cada uno de los grupos ayuda a comentar cada una de la transparencias, reflexionando acerca de las ventajas e inconvenientes que puede originar el hombre en la aplicación del conocimiento científico.

La dificultad de fijación del nitrógeno se pone de manifiesto al realizar un análisis histórico de los distintos procesos ideados para tal fin (ciclo natural, cianamida de calcio, oxidación en arco eléctrico). La obtención y reactividad de las posibles materias primas y factores tanto económicos como técnicos permiten comprender la elección de la síntesis directa del amoniaco mediante el proceso Haber-Bosch. En este punto debe hacerse hincapié en que uno de los aspectos clave es el papel de la catálisis, ya que la reacción de síntesis del amoniaco a partir del nitrógeno y el hidrógeno era ya conocida anteriormente al proceso Haber-Bosch, pero el hecho de que debía realizarse a más de 1000 °C hacía que no fuese comercialmente atractiva.

Análisis termodinámico y cinético de la síntesis del amoniaco

Del análisis de la ecuación termoquímica de obtención del amoniaco se propone a los alumnos la predicción, de una forma cualitativa, de las condiciones más adecuadas de presión y temperatura para su síntesis. Esta actividad resulta ser una aplicación directa a un caso práctico del principio de Le Chatelier. Sendas transparencias donde se muestra la variación de la constante de equilibrio con la temperatura y la variación del rendimiento de amoniaco (% Volumen) en función de la temperatura y la presión apoyan las predicciones realizadas previamente. Sin embargo, una vez parece el problema resuelto se plantea la dificultad que supondría el realizar la síntesis del amoniaco a temperaturas bajas, ya que del análisis del factor cinético se deduce que la reacción sólo será lo suficientemente rápida si se realiza a una temperatura moderadamente elevada. La discusión que se plantea desemboca finalmente hacia las condiciones más adecuadas de obtención del amoniaco (presión, temperatura, catalizador-energía de activación). Por último, los alumnos trabajan con un programa de ordenador, simulador de la síntesis del amoniaco (Quílez 1988) que es una adaptación del propuesto por Bayless (1976). A pesar de las simplificaciones que realiza esta simulación (reacción de orden cero, etc.), consideramos adecuada su utilización a este nivel ya que permite a los alumnos decidir las condiciones más adecuadas de presión y de temperatura, en concordancia con la energía de activación.

Obtención de los gases de síntesis

Resulta interesante el estudio de la obtención de los gases de síntesis del amoniaco. Para ello, se propone a

los alumnos el diseño de sendos métodos de obtención de nitrógeno y de hidrógeno puros. Muchos de ellos rápidamente proponen al aire como materia prima de nitrógeno, aunque la destilación del aire líquido como procedimiento no surge de forma tan inmediata. En este sentido puede ser interesante la exposición por parte del profesor del método de Linde. Por otro lado, los únicos métodos que proponen los alumnos para la obtención del hidrógeno son la reacción de un metal con un ácido como el clorhídrico y la electrolisis del agua. El profesor cuestiona, a continuación, si los citados métodos serán adecuados para la industria. Por último, el profesor expone los tres métodos más usuales de obtención industrial del hidrógeno (gas de agua, naftas-gas natural, electrolisis del agua) y propone a continuación que realicen un resumen de los mismos, explicando, en función del rendimiento y la economía, qué método será el elegido con preferencia.

Dificultades técnicas de obtención del amoniaco

Una transparencia que muestra el diagrama de obtención del amoniaco de un proceso industrial real puede ayudar a comprender las dificultades técnicas que supone este proceso (desulfuración, obtención del hidrógeno, eliminación del CO₂, obtención del gas de síntesis puro, análisis del reactor, etc.), remarcando el hecho de que trabajar a presiones y temperaturas tan elevadas encarece el proceso por el especial diseño que debe poseer toda la instalación (Othmer 1978), unido a la propiedad de la difusión del hidrógeno a través de los metales.

Aplicación de los principios básicos al estudio del amoniaco

A continuación se procede al estudio de las particulares propiedades físicas y químicas del amoniaco, muchas de las cuales se comprobarán en el laboratorio. Prácticamente todas ellas pueden ser predichas o interpretadas por los alumnos mediante la aplicación de sus conocimientos de estructura atómica y molecular (composición química, fórmula molecular, geometría, polaridad, solubilidad en agua, temperaturas de fusión y de ebullición, etc.), ácidos y bases (interpretación del carácter básico del amoniaco según la teoría de Brønsted-Lowry, conductividad eléctrica, cálculo del pH de una disolución acuosa de amoniaco o de una sal amónica, reacción con un ácido fuerte, etc.), reacciones de oxidación-reducción (posibilidad de comportamiento como oxidante, comportamiento como agente reductor, ajuste de ecuaciones redox y cálculos estequiométricos, etc.), formación de complejos, etc., evitando así una memorización innecesaria y dando aplicación y relación a diferentes conceptos estudiados previamente de forma teórica.

En el desarrollo de este apartado, el profesor realiza diferentes demostraciones químicas (Quílez y Llopis 1985) como intento adicional de motivación de los alumnos (Ben-Zvi y Silverstein 1981, Webb 1984).

La importancia de la gran versatilidad química que posee el amoniaco hace que sea un importante interme-

dio químico, a partir del cual pueden obtenerse distintos derivados de gran importancia industrial. Este aspecto se muestra con la ayuda de una transparencia en la que mediante un diagrama de flujo se visualiza cómo a partir del amoníaco pueden obtenerse fertilizantes, explosivos, colorantes, medicamentos, fibras y plásticos, etc. Conviene detenerse en este punto y hacer una pequeña recapitulación con la clase acerca de cuál era nuestro objetivo desde la primera actividad hasta la actual y de cuál ha sido el hilo conductor que nos ha llevado a este punto. Los alumnos son invitados a realizar una síntesis de lo estudiado hasta entonces.

El ácido nítrico

En el estudio del ácido nítrico se realiza una secuencia de actividades semejante a la realizada para el amoníaco.

Contaminación y eutrofización

Por último, y de particular interés para los alumnos, se analizan los efectos de contaminación atmosférica producidos por los óxidos de nitrógeno y los efectos de contaminación de las aguas potables por iones nitrato, así como la eutrofización de ríos y de lagos. Se pretende que los alumnos terminen concluyendo que a pesar de los grandes beneficios que comportan, la producción y consumo de compuestos nitrogenados debe controlarse con el fin de no alterar el equilibrio de la Naturaleza.

4.9. Perspectivas de futuro

Puede ser interesante mostrar a los alumnos cómo, en función de los conocimientos científicos, va modificándose la tecnología aplicada para la obtención de una misma sustancia y así introducir el hecho de cómo los avances en bioquímica molecular (ingeniería genética) pueden producir una solución a la fijación artificial del nitrógeno mucho mejor que la actual, a partir del control

y explotación del sistema natural leguminosas-bacterias nitrificantes, citándose entre sus ventajas la utilización de energía renovable (fotosíntesis) en lugar de energía fósil, reducción de los gastos e inconvenientes del transporte y almacenamiento de fertilizantes, disminución de la contaminación de los compuestos de nitrógeno, etc.

CONCLUSIONES

En los últimos años, los cursos de Química General han puesto un gran énfasis sobre los conceptos teóricos, que los estudiantes son incapaces de aplicar y relacionar. En este sentido, el detrimento producido en la enseñanza de la Química Descriptiva impide a los alumnos un entendimiento y una apreciación de importantes procesos, reacciones y propiedades de sustancias de su vida diaria.

Consideramos muy importante el papel que puede jugar la Química Descriptiva en la formación científica (y también humana) de nuestros alumnos. Para evitar la tradicional metodología que consiste en una transmisión dogmática de los conocimientos, estimamos necesario investigar nuevos métodos para mejorar los procesos de enseñanza/aprendizaje de esta disciplina, utilizando una metodología activa, con continuos conflictos y debates, en la construcción de los conocimientos, realizándolo siempre de una forma estimulante. En este sentido, puede ser de gran utilidad el empleo de diferente material audiovisual, demostraciones químicas, comprobaciones y determinaciones experimentales, simulaciones mediante ordenador, etc. y actividades de aplicación y relación de los principios básicos y de conexión ciencia-sociedad.

El amoníaco y derivados, modelo elegido para esta nueva presentación de la Química Descriptiva puede servir de metodología aplicable a otras importantes sustancias y reacciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARENA, B.J., 1986. Ammonia: Confronting a Primal Trend, *Journal of Chemical Education*, Vol. 63, pp. 1040-1044.
- BAYLESS, P.L., 1976. La synthèse de l'ammoniac. Un projet de recherche en laboratoire comportant une simulation, *Journal of Chemical Education*, Vol. 53, pp. 318-320.

- BEN-ZVI, R. y SILBERSTEIN, 1981. The «Chemical Fountain», *Journal of Chemical Education*, Vol. 58, pp. 68-69.

- CARTER, G.E., 1982. Assessing students interests in Chemistry, *Br. J. Educ. Psych.*, 52, pp. 378-380.

- DRIVER, R. y OLDFHAM, V., 1986. A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, Vol. 13, pp. 105-122.
- FENSHAM, P., 1976. Contenu social des curs de chimie, *Chemistry in Britain*, Vol. 12, pp. 148-151.
- GIL, D., 1985. El futuro de la enseñanza de las ciencias: algunas implicaciones de la investigación educativa, *Revista de Educación*, 278, pp. 27-38.
- GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., 1987. Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje, *Investigación en la Escuela*, 3, pp. 3-12.
- JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION, 1980-87, (a) BASOLO, F., 1980. Can Descriptive Inorganic Chemistry be Taught in General Chemistry Courses?, Vol. 57, pp. 45-46. (b) BODNER, G.M. y HERRON, J.D., 1980. Impressions of the McMaster Conference on New Directions in the Chemistry Curriculum, Vol. 57, pp. 349-350. (c) MELLON, E.K. et al., 1980. Symposium: Inorganic Chemistry in the Curriculum: What Should be Left In and What Should be Left Out, Vol. 57, pp. 761-767. (d) HUDSON, M., 1980. Why Should We Teach Descriptive Chemistry?, Vol. 57, pp. 770-772. (e) BASOLO, F. y PARRY, R.W., 1980. An Approach to Teaching Systematic Inorganic Reaction Chemistry In Beginning Chemistry Courses, Vol. 57, pp. 772-777. (f) WEBB, M.J. y CANHAM, G.W.R., 1982. Descriptive Inorganic Chemistry at the Second Year Level, Vol. 59, pp. 1012-1013. (g) WULFSBERG, G., 1983. A Piaget Learning-Cycle Laboratory Approach to Teaching Descriptive Inorganic Chemistry, Vol. 60, pp. 725-728. (h) SCHAFFRATH, 1983. Is «Why» More Important Than «What»? Vol. 60, pp. 728-729. (i) GORMAN, M., 1983. Restoration of Descriptive Inorganic Chemistry, Vol. 60, pp. 214-216. (j) BASOLO, F., 1984. Teaching of Chemical Reactions and Syntheses, Vol. 61, pp. 520-521. (k) BEACH, D.H., Some Reasons for Teaching Descriptive Chemistry, Vol. 61, pp. 520-521. (l) RODGERS, G.E., 1984. The Role of Upperclass Chemistry Students in Developing a New Sophomore-Level Inorganic Course, Vol. 61, pp. 990-992. (m) ZUCKERMAN, J.J., 1986. The Coming Renaissance of Descriptive Chemistry, Vol. 63, pp. 829-833. (n) HUDDLE, B.P., 1987. Descriptive Chemistry versus Theoretical?, Vol. 64, pp. 765.
- OTTMER, K., 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 2. (Wiley: New York).
- PAOLONI, L., 1981. Chemistry as Part of Culture: a Challenge to Chemical Education, *European Journal of Science Education*, Vol. 3, pp. 139-144.
- QUÍLEZ, J., 1988. *Problemas de Química de COU y Selectividad*. (Bello: Valencia).
- QUÍLEZ, J. y LLOPIS, R., 1985. *El Amoniaco: Un Modelo para la Enseñanza de la Química Descriptiva*. (ICE-UPV: Valencia).
- WEBB, M.J., 1984. Kinetic Stability, Kinetic Control and Descriptive Inorganic Chemistry, *Journal of Chemical Education*, Vol. 61, pp. 988-990.
- YAGER, R.E. y PENICK, J.E., 1984. What students say about Science Teaching and Science Teachers, *Science Education*, 68, pp. 143-152.
- YANKWICH, P.E., EBERHARDT, W.H., LAVALLE, D.K. y SCHWARTZ, A.T., 1984. Recommendations of the ACSCE Task Force, *Journal of Chemical Education*, Vol. 61, pp. 845-847.