

## **La visión del conocimiento científico y del conocimiento tecnológico en los libros de Química General utilizados en carreras de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires**

**Ana M. Martín, Carmen Barrero, Lidia Sánchez y Jorge N. Cornejo**

Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Emails: [amartin@fi.uba.ar](mailto:amartin@fi.uba.ar); [cbarrerster@gmail.com](mailto:cbarrerster@gmail.com); [ipsanchez@fi.uba.ar](mailto:ipsanchez@fi.uba.ar); [jcornej@fi.uba.ar](mailto:jcornej@fi.uba.ar)

**Resumen:** A pesar de la diversidad de medios disponibles en la actualidad, el libro de texto continúa siendo el principal instrumento didáctico para la enseñanza de las ciencias, y su elección constituye una de las decisiones curriculares más importantes. Por otra parte, debido a las características particulares de la profesión del ingeniero, es necesario que, desde el inicio de la carrera, esté presente un balance equilibrado entre los conocimientos científicos y los tecnológicos. ¿Este balance se encuentra en los libros de texto? Para responder esta pregunta, se analizaron veinte textos de Química General, utilizados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Se indagó acerca de las concepciones que, sobre el conocimiento científico y el conocimiento tecnológico, presentan las diferentes propuestas editoriales. Se clasificaron los textos en dos formas diferentes: a) de acuerdo con la manera en que presentan la relación entre la Química, como ciencia, y el conocimiento tecnológico y b) según la adscripción a posturas positivistas, sistémicas o socio-históricas. Se analizó la relación entre ambas clasificaciones. Se concluye que, independientemente de la visión adoptada, resalta en todas las obras la ausencia de una definición explícita del conocimiento tecnológico.

**Palabras clave:** química, textos, tecnología, modelo lineal de innovación, formación del ingeniero.

**Title:** The approach to scientific and technological knowledge in Chemistry textbooks used at the School of Engineering of the University of Buenos Aires.

**Abstract:** Despite the diversity of media available today, the textbook is still the main educational resources used in science education, and its selection is one of the most important curricular decisions made by teachers. Moreover, due to the special characteristics of the engineering activities, it is necessary, from the start of the course, to resort to textbooks that strike a balance between scientific knowledge and technology. The purpose of this study is to determine the underlying beliefs present in textbooks. For that matter, twenty chemistry textbooks used at the School of Engineering of the University of Buenos Aires were analyzed. The textbooks were classified in two categories: those that reveal a relationship between scientific and technological knowledge, and those that ascribe to positivist, systemic or socio-historical backgrounds. The

relationship between the two categories was analyzed. It was observed that most chemistry textbooks tend to ignore an explicit definition of technological knowledge.

**Keywords:** chemistry, books, technology, linear, innovation, model, engineer formation.

### **Introducción**

A pesar de la diversidad de medios audiovisuales disponibles en la actualidad, el libro de texto es todavía el principal instrumento didáctico utilizado en la enseñanza de las ciencias, y constituye una de las decisiones curriculares más importantes que toman los profesores (Misirlis, 2003).

Los estudiantes, en diferentes momentos de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, adquieren conocimientos mediante la lectura de libros. Los saberes e ideas previas del lector influyen y deben ser tomados en cuenta en todo análisis o desarrollo de propuestas didácticas centrado en los textos, pues a partir de tales conocimientos se activa el contexto en el que las palabras del libro adquieren sentido. La representación del texto en la memoria resulta, por lo tanto, de la interacción entre el contenido del mismo y el conocimiento del lector. Este último tiene, además, sus propias metas de lectura, y diferentes intereses por distintos contenidos, que influyen en las estrategias de procesamiento que va a desarrollar y en el esfuerzo que decida aplicar en la tarea de comprensión (Campanario y Otero, 2000).

El presente trabajo se encuentra enmarcado en un proyecto de investigación que intenta establecer qué concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología circulan y son enseñadas y aprendidas en los medios universitarios. Tales concepciones, a partir de lo indicado en el párrafo anterior, resultarán de la interacción entre aquello que es transmitido y los conocimientos previos de los estudiantes. En este artículo estamos específicamente interesados en la primera de estas variables, reservando para otros trabajos el análisis de las ideas previas de los alumnos.

Como ya se ha mencionado, uno de los principales vehículos utilizados para transmitir y comunicar ideas en la enseñanza de las ciencias, es el libro de texto. Al respecto, recientes investigaciones han mostrado que los libros de texto tradicionales de ciencias sólo desarrollan conocimientos científicos y se rigen por la lógica interna de la disciplina, sin preguntarse acerca de qué es la ciencia, cómo se desarrolla, cuál es el origen de los conocimientos, cuál su grado de fiabilidad, cómo se obtuvieron, qué implicaciones tiene el juicio de los pares, para qué se utilizan comúnmente los conocimientos, qué beneficios aportan a la sociedad, y otras cuestiones relacionadas con el concepto de "naturaleza de la ciencia". Debido a que esto se le escapa a la enseñanza tradicional, la imagen de la ciencia transmitida resulta deformada. Se trata de una ciencia del pasado y no de la ciencia - y, sobre todo, de la tecnociencia - contemporánea, la que se hace hoy en día en los laboratorios de diversas instituciones: universidades, hospitales, fundaciones, ejército, etc. y en las empresas privadas: industrias, corporaciones farmacéuticas, etc. (Garritz, 2006).

Sin embargo, en el análisis de textos realizado en este trabajo se han encontrado varias definiciones de ciencia y diversas referencias al método científico, mientras se observa que la carencia apuntada previamente puede aplicarse a la tecnología y el conocimiento tecnológico. La referencia a la tecnología es muy importante para los autores de este trabajo pues, como se verá más adelante, los textos analizados son los utilizados en Facultades de Ingeniería.

En efecto, un libro de texto empleado en la formación de ingenieros puede incluir contenidos relativos a dos formas de conocimiento: el conocimiento científico y el tecnológico. Ambas maneras de conocer, si bien relacionadas, son diferentes y poseen características distintivas propias. En general, pueden identificarse tres posturas a la hora de considerar la relación entre estas dos clases de conocimiento, que examinaremos a continuación.

*El conocimiento científico y el conocimiento tecnológico: las visiones positivista, sistémica y socio-histórica*

La filosofía de la tecnología, disciplina relativamente reciente, destaca la especificidad del conocimiento tecnológico, y las diferencias entre este y el conocimiento científico (Cupani, 2006). De acuerdo con Simon (1969), el conocimiento tecnológico configura un área sui generis, la de las "ciencias de lo artificial", donde lo artificial constituye un sistema adaptado al ambiente en función de determinado propósito humano, un objeto (artefacto) con propiedades deseadas, ideado y fabricado conforme un diseño o proyecto. Vincenti (1990) lo califica de "conocimiento prescriptivo", en contraste con el conocimiento descriptivo procurado por la ciencia. Además, al ser una actividad productiva, la tecnología enfrenta problemas que no afectan al científico básico, como los relativos a la factibilidad, la confiabilidad y la eficiencia de los inventos, a la relación costo-beneficio, etc. (Kroes, 1989). Existen también nociones distintivamente tecnológicas, comenzando por la idea de máquina, desde los instrumentos primitivos hasta los aparatos automáticos, conceptos como los de switch y optimización, y teorías enteras como la cibernética y la teoría de redes (Mitcham, 1994).

El reconocimiento de la peculiaridad del conocimiento tecnológico implica que el mismo, aunque pueda aplicar ciencia, no puede ser considerado sólo como ciencia aplicada (Vincenti, 1990). La noción de la tecnología como ciencia aplicada, ya filosóficamente superada, aparecerá, sin embargo, en algunos de los textos que habremos de analizar. Por supuesto, el reconocimiento de la singularidad del conocimiento tecnológico no significa que este no posea ninguna semejanza con el científico; por ejemplo, Cupani (2006) indica que existen relaciones y similitudes entre la actividad de modelizar en ciencia y el diseño tecnológico.

La postura teórica en la que se sitúan los autores del presente trabajo, toma algunas ideas de lo que más adelante denominaremos la "visión sistémica", junto con la reivindicación de la peculiaridad del conocimiento tecnológico, reconoce la creciente intervencionalidad entre la ciencia y la tecnología y su aparente fusión en la denominada "tecnociencia". Al respecto, Cordero (2001), presenta ejemplos que, como la nanotecnología, son difíciles de incluir taxativamente en uno u otro campo del conocimiento.

Las posturas epistemológicas relativas a la naturaleza del conocimiento científico y del conocimiento tecnológico, y a las relaciones entre ambos, pueden clasificarse de distintas formas. En el presente trabajo se opta por seguir el esquema de Costa y Doménech (2002).

Dicho esquema resulta especialmente útil para analizar textos vinculados a la enseñanza de disciplinas en las que el conocimiento tecnológico es especialmente importante; por ejemplo, aquellas vinculadas con la ingeniería. De acuerdo con este modelo, existen tres visiones fundamentales relativas al conocimiento científico y el conocimiento tecnológico, que las autoras mencionadas denominan: positivista, sistémica y socio – histórica.

A partir de Comte, y siguiendo con el Círculo de Viena, desde la visión positivista se clasifica el conocimiento según una jerarquización basada en la generalidad y complejidad de los temas de competencia de cada ciencia. Considera que las ciencias más abarcativas y más simples son la astronomía y la matemática; en orden descendente de generalidad y creciente en complejidad: la física, la química, la biología, y en la cima de complejidad, la ciencia de la conducta humana. Esta concepción entiende la tecnología como ciencia aplicada, atribuye el saber teórico a la ciencia y el saber práctico a la tecnología, la que es considerada como un campo derivado y subvaluado de las ciencias naturales. De acuerdo con posturas afines al Modelo Lineal de Innovación, establece una secuencia lineal: Ciencia Básica → Investigación Aplicada → Desarrollo Tecnológico (Costa y Doménech, 2002).

Enfoques más modernos sostienen que tanto las ciencias sociales como las naturales pueden ser caracterizadas en términos de la noción de sistemas. La evolución del sistema estaría descrita a partir de reglas generales que combinan el determinismo y el azar, utilizando conceptos provenientes de la termodinámica y la mecánica estadística. Las versiones sistémicas reconocen en la creación de conocimiento tecnológico un saber con identidad propia, aunque de carácter instrumental, y lo distinguen de la búsqueda de la verdad, objetivo que atribuyen a la ciencia. Desde esta concepción, la tecnología se considera un saber instrumental que crea conocimiento en un complejo proceso que va desde el diseño hasta el producto (Costa y Doménech, 2002).

La postura sistémica es muy importante desde el punto de vista de un ingeniero, por lo que, como dijimos, nos hemos situado en una visión cercana a la misma. La noción de "sistema" es clave desde el punto de vista tecnológico y, por lo tanto, es altamente interesante interpretar la misma tecnología desde esa óptica. Sin embargo, y a diferencia de este enfoque sistémico, para nosotros el saber tecnológico no es meramente instrumental, sino que el conocimiento de los aspectos instrumentales de un proceso o un producto es sólo una de sus facetas (Cupani, 2006).

Finalmente, la escuela de Frankfurt concibe el conocimiento como un proceso en el que las representaciones científicas y tecnológicas son modelos intelectuales, marcados por la contingencia de su época y por los contextos e intereses de distintos grupos sociales. Para esta escuela, la verdad es relativa a una situación histórica particular y la objetividad no es más que intersubjetividad compartida en una época dada. Esta tercera

postura entiende la tecnología como la generación de capacidades humanas socialmente determinadas, y considera que el aprendizaje supone el logro de un saber consistente en destrezas internas que organizan actos generales tanto de tipo sensoriomotor y perceptivo, como pensamientos que responden a patrones de interiorización o a instrumentos intelectuales que los individuos utilizan de acuerdo con el propio nivel evolutivo (Costa y Doménech, 2002).

En la Tabla 1 se resumen las tres visiones anteriormente descritas, enfatizando sus respectivas concepciones sobre la naturaleza de la tecnología.

<b>Visión positivista</b>	<b>Visión sistémica</b>	<b>Visión socio-histórica</b>
La tecnología es ciencia aplicada	La tecnología es diseño, concepción del proceso y del producto	El diseño, el proceso y el producto construidos en su contexto histórico
La tecnología es un producto subvaluado de la ciencia	La tecnología es un saber diferente del saber científico, con características instrumentales	La tecnología es un saber compuesto por pensamientos interiorizados a partir de construcciones sociales

Tabla 1.- Visiones acerca de la tecnología.

#### *El conocimiento científico y el conocimiento tecnológico en la formación del ingeniero*

Siendo docentes de Química en una Facultad de Ingeniería, los autores del presente trabajo se interesan particularmente en la formación del ingeniero, dentro de la cual es relevante que los estudiantes adquieran conocimientos tecnológicos desde su inicio.

En efecto, en la formación del ingeniero la tecnología desempeña un rol trascendente, por lo cual debería hacerse presente no sólo en las materias específicas de la formación profesional, sino también en las asignaturas básicas (Speltini y Cornejo, 2005).

Sin embargo, recortar esta investigación a la formación del ingeniero, y a la inclusión de contenidos tecnológicos en la misma, no implica una excesiva pérdida de generalidad pues, si bien hace unas tres décadas que existe la preocupación por la calidad de la alfabetización científica y tecnológica de la población, el requerimiento actual pone énfasis en el aspecto tecnológico, en la necesidad de adquirir destrezas generales que suponen la combinación de habilidades prácticas, conocimientos teóricos e información, las cuales además deben poder adaptarse a situaciones nuevas y cambiantes (Tedesco, 2007).

En particular, el diseño tecnológico es de importancia fundamental, pues los ingenieros son diseñadores profesionales. El diseño constituye la esencia de la preparación profesional; es una de las principales diferencias entre esta profesión y la actividad científica. Las escuelas de Ingeniería, al igual que las de Arquitectura y Medicina, se centran en el proceso del diseño o

proyecto. La habilidad para diseñar artefactos no es el único objetivo importante en la formación del ingeniero, pero sí es fundamental destacar que los estudiantes deben adquirir competencias en la comprensión de ciertas características de la naturaleza del diseño tecnológico. Esta formación debería iniciarse en las materias básicas de la carrera. Investigaciones recientes muestran, además, que la inclusión de contenidos vinculados al diseño tecnológico puede resultar útil en la formación de profesionales no sólo de Ingeniería, sino de Física, Química o Ciencias Exactas y Naturales en general (Cornejo, 2008).

En todo diseño es necesario tomar decisiones de compromiso, sacrificando algunos aspectos en beneficio de otros. Estas decisiones pueden estar motivadas por distintos factores, algunos de naturaleza científico-tecnológica y otros de índole socio-económica. Así, las necesidades sociales, los aspectos económicos, la calidad del material disponible, las limitaciones energéticas, los valores de cuidado del ambiente, las regulaciones, etc. pueden inclinar la decisión por un diseño en lugar de otro tecnológicamente más eficiente. En general, cada diseño presenta varias alternativas de solución, dependiendo de las diversas restricciones a las que el proyecto se vea sometido. Es función del ingeniero realizar un análisis exhaustivo de las distintas alternativas.

En otras palabras, el ingeniero debe aprender a pensar desde la tecnología, lo cual requiere una adecuada comprensión de su naturaleza, de la naturaleza de la ciencia y de las implicaciones sociales de ambas.

### **Metodología**

La motivación principal de este trabajo ha sido el hecho de que, dada la relevancia social de la profesión del ingeniero, la formación adecuada de los mismos requiere que, desde el inicio de la carrera, esté presente un balance equilibrado de conocimientos científicos y tecnológicos (Speltini y Cornejo, 2005; Proyecto ICI – CONFEDI, 1996).

Asimismo, como ya fue expresado, en tal formación los libros de texto son fundamentales, por lo que el presente trabajo se centra en los mismos.

A tal efecto, se analizaron veinte libros de texto de Química General, utilizados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y se indagó acerca de las concepciones relativas al conocimiento científico y al conocimiento tecnológico que presentan las diferentes propuestas editoriales. Esto se consideró relevante desde un punto de vista didáctico, pues con estos textos se forman los estudiantes. En el Anexo I se detallan los libros estudiados. Todos están en español, y dieciocho de ellos son traducción de las versiones originales en inglés. En algunos casos se analizaron varias ediciones del mismo autor.

Debe tenerse presente que, si bien todos los libros seleccionados son usados como texto en la formación de ingenieros, la mayoría no ha sido escrita única y exclusivamente para ese fin. En el Anexo I se indica explícitamente la orientación dada a cada texto por sus autores.

Se realizó la lectura y el posterior análisis de los libros de texto con el objeto de detectar si presentan un enfoque de la tecnología como ciencia aplicada, una visión del conocimiento tecnológico como autónomo o no

mencionan el conocimiento tecnológico y sólo muestran la química como ciencia básica. Los textos fueron estudiados a partir de tres categorías fundamentales: a) referencia exclusiva a la química como ciencia básica, sin mencionar la tecnología, o presentándola como ciencia aplicada, b) énfasis en las aplicaciones de la química, con referencias más definidas a la tecnología, y c) la tecnología como conocimiento autónomo. Esta clasificación no es taxativa, por lo que se presentan ejemplos del enfoque predominante en cada caso, sin excluir la existencia, dentro de la misma obra, de otras posturas (Anexo II).

Las tres categorías han sido elegidas en función del interés de los autores de este trabajo por conocer la forma en que los textos dan cabida (o excluyen) el conocimiento tecnológico. No existe entre estas categorías y las tres visiones previamente indicadas (positivista, sistémica y socio-histórica), una relación biyectiva. Un texto, por ejemplo, puede enfatizar las aplicaciones de la química tanto desde una postura positivista como desde una sistémica.

Los libros fueron analizados extractando y clasificando las referencias a la tecnología explícita o implícitamente presentes en los mismos, y luego relacionándolas con el contenido general de la obra.

### **Análisis y resultados**

A continuación se presenta el análisis efectuado, citando en cada caso algunos párrafos extraídos de los textos, los que ejemplifican las diferentes categorías de análisis.

a) Referencias a la química como ciencia básica y a la naturaleza de la ciencia en general – ausencia de referencias a la tecnología o visiones de la misma sólo como ciencia aplicada.

Un primer conjunto de textos enfatiza la naturaleza básica de la química y el valor del pensamiento científico. No mencionan a la tecnología o, cuando lo hacen, la presentan como ciencia aplicada, sin referir a la existencia de un saber tecnológico con características propias. Se encuentran expresiones tales como “aprender a pensar como un químico”, indicando que el químico dedicado a la ciencia básica y el dedicado a la industria o la tecnología deben seguir los mismos procesos de pensamiento. Esto no implica que no mencionen aplicaciones de la química, sino que, cuando lo hacen, presentan el hecho tecnológico o industrial como un derivado directo del conocimiento científico. No conviene perder de vista que se trata de obras que se utilizan en la formación de ingenieros (aún cuando, repetimos, no hayan sido escritas con dicho fin), para la cual, como se señaló anteriormente, la tecnología es fundamental. Estos textos poseen, en general, las siguientes notas distintivas:

Cuando definen la naturaleza de la ciencia, generalmente lo hacen a través de su método:

El objetivo que persigue la ciencia, al igual que la filosofía o la literatura, es la comprensión del mundo que nos rodea, y el aspecto que la distingue de cualquier otra actividad intelectual es el procedimiento mediante el cual se obtiene el conocimiento, basado en la observación controlada y sistemática de los hechos, y su

interpretación racional; un proceso conocido como método científico. (Reboiras, 2006).

La visión del método científico es inductivista, presentado una secuencia lineal: observación, sistematización de las observaciones, construcción del modelo. El carácter inductivo del método a veces se hace explícito: el texto de Reboiras, por ejemplo, cita a Francis Bacon y explica que el modelo científico se construye generalizando lo obtenido después de múltiples observaciones. Eventualmente, puede aparecer el método hipotético-deductivo, pero en versión ingenua, indicando por ejemplo que las buenas teorías deben explicar totalmente las observaciones experimentales (Whitten y Gailey, 1989).

Niegan la existencia o la utilidad de trabajar con hipótesis previas a la realización de numerosas observaciones. Se observan expresiones que indican que es un error teorizar antes de disponer de datos, o que las hipótesis de trabajo más sólidas no aportan nada si se efectúan previamente a la experiencia.

Insisten en que el objetivo de la ciencia es explicar, y se encuentran escasas referencias al predecir.

Suelen presentar visiones acordes con el positivismo. La ciencia es considerada como útil en el sentido de permitir el acceso a una mayor comprensión del mundo y a que se retroalimenta generando nuevos conocimientos científicos. Subyace una noción de progreso lineal, y cuando se efectúa alguna narración de tipo histórico, la misma responde a dicho modelo.

Pero la utilidad del conocimiento de las propiedades de los gases no se agota con sus aportaciones al desarrollo científico del pasado, sino que va a servir para comprender de forma racional una serie de fenómenos de la vida cotidiana que conocemos de forma intuitiva. La descripción del comportamiento de los gases nos conducirá al estudio de la llamada teoría cinético-molecular, que, además de permitir justificar sus propiedades, constituye un instrumento de gran utilidad para el estudio de importantes conceptos químicos que desarrollaremos en capítulos posteriores. (Reboiras, 2006).

La tecnología, cuando se menciona, se presenta como ciencia aplicada, en la que el desarrollo industrial es consecuencia de los fundamentos científicos de la disciplina, y no existe influencia de la tecnología o la industria sobre la ciencia.

No se distingue el conocimiento científico del tecnológico, ni se hace alusión alguna a la necesidad de desarrollar en los estudiantes de ingeniería formas de pensamiento acordes con los paradigmas del diseño tecnológico. En el siguiente párrafo, por ejemplo, los autores señalan que los estudiantes, tanto de ciencia como de medicina o ingeniería, deben aprender a pensar como científicos, lo que implica no tomar en cuenta las características propias de cada forma de pensamiento.

Principios de Química está diseñado para guiar a los estudiantes en el camino a una carrera científica, médica o de ingeniería. El texto muestra a los estudiantes cómo pensar como científicos al proponer



modelos basados en la comprensión, desarrollando esos modelos con las matemáticas y perfeccionándolos por comparación de experimentos. (Atkins y Jones, 2006).

Para los mismos autores:

Sólo tenemos que mirar a nuestro alrededor para apreciar el impacto de la química sobre la tecnología y la sociedad. (Atkins y Jones, 2006).

Sin embargo, en ninguna parte del libro estos autores indican el impacto de la sociedad, el mercado y los avances técnicos sobre los conceptos de la Química básica.

En forma coherente con el hecho de no presentar el conocimiento tecnológico como un saber autónomo, la tecnología se muestra como éticamente neutra.

A pesar de utilizarse para la formación del ingeniero, algunos libros excluyen explícitamente los aspectos de aplicación y de tecnología de los objetivos del texto:

Enseñar a los alumnos que inician su preparación los principios teóricos y los aspectos descriptivos de esta ciencia. (Sienko y Plane, 1970).

Debemos aclarar, por supuesto, que esto no constituye una crítica hacia los autores del texto, cuyo objetivo no necesariamente es la formación de ingenieros, sino al empleo acrítico de tales obras en la carrera de Ingeniería.

Se resalta la química como una ciencia fundamental, de la que otros campos disciplinares son derivaciones carentes de autonomía propia.

b) Referencia a la Química como ciencia importante por sus aplicaciones.

Diversos textos aluden a la Química como una ciencia que deriva su utilidad y valor de sus aplicaciones. Se advierten en ellos las siguientes características generales.

Aparecen visiones no-ingenuas acerca del método científico, y un interés por comprender el proceso de modelización. Esto es relevante para la formación de un ingeniero, dado que los procesos cognitivos y habilidades involucradas en el diseño, construcción y aplicación de modelos matemáticos, físicos o tecnológicos son constitutivos del pensamiento y de la práctica de las ingenierías.

Al insistir sobre las aplicaciones, se destaca la relación de la ciencia con el ambiente, tanto natural como social:

[...] la importancia de la Química para nuestra forma de ver el ambiente que nos rodea, someterlo a nuestro control y respetarlo. (Atkins, 1992).

Pueden hallarse posturas que, si bien no excluyen completamente la visión positivista, se acercan a nociones de tipo sistémico, en las que la ciencia y la tecnología aparecen influyéndose mutuamente. Por ejemplo:

Muchas aplicaciones prácticas se derivan del estudio de los compuestos complejos. Se han logrado avances en campos como la metalurgia, la química analítica, la bioquímica, purificación de aguas, industria textil, electroquímica y bacteriología. Además, el estudio de estos compuestos ha aumentado nuestro conocimiento del enlace químico, ciertas propiedades físicas (por ejemplo propiedades espectrales y magnéticas), minerales (muchos minerales son compuestos complejos) y procesos metabólicos (la hemoglobina de la sangre y clorofila de las plantas son compuestos complejos). (Mortimer, 1983).

Y también:

Las relaciones entre cambios químicos y energía tienen importancia teórica y práctica. Las reacciones químicas pueden utilizarse para producir energía eléctrica (en pilas). La energía eléctrica puede utilizarse para realizar transformaciones químicas (en celdas electroquímicas) Además el estudio de los procesos electroquímicos lleva a la comprensión y a la sistematización de los fenómenos de óxido-reducción que ocurren en las pilas. (Mortimer, 1983).

Nótese cómo el texto plantea un "ida y vuelta", una relación bidireccional, entre la ciencia y la tecnología, diferente al sentido unidireccional del esquema propuesto por el Modelo Lineal de Innovación.

Formulan referencias a los orígenes de la tecnología, aunque los autores no lo mencionen explícitamente, y pueden hallarse algunas indicaciones acerca de la autonomía del conocimiento tecnológico.

La producción de metales a partir de minerales, la elaboración de cerámicas, la fermentación, el horneado de pan y la preparación de medicinas, tinturas y drogas son artes antiguas"... "Sin embargo, el desarrollo fue empírico; esto es, estaba basado solamente sobre experiencia práctica, sin referencia a los principios químicos involucrados. El artífice egipcio sabía como obtener cobre calentando el mineral malaquita con carbón, aunque no supo ni intentó saber como trabajaba el proceso y lo que ocurría en el fuego. (Mortimer, 1983).

En general, el hacer hincapié en las aplicaciones resalta la importancia de los incentivos económicos en el avance de la ciencia.

Sin embargo, no es conveniente pensar que, dentro de los textos que presentan a la Química como ciencia aplicada, la única visión importante es la sistémica. En las siguientes citas, por ejemplo, los autores manifiestan posturas cercanas al Modelo Lineal de Innovación, no tanto por referir las aplicaciones de la Química hacia la industria o la tecnología, sino por omitir la influencia de estas últimas sobre la primera.

Las aplicaciones que nos permite el conocimiento de la composición de la materia incluyen el diseño y la fabricación de microchips (muestra una figura) en que el elemento silicio esta depositado sobre zafiro. (Atkins, 1992).

En el texto previo no se indica, por ejemplo, la influencia del desarrollo de la microelectrónica sobre la ciencia de los materiales o la teoría de la materia condensada. De todas formas, otros aspectos del

libro permiten incluirlo dentro de la perspectiva sistémica, si bien con un matiz positivista.

Algunas excepciones: también existen textos que, a pesar de poner el énfasis en las aplicaciones, sostienen posturas ya vistas en a). Por ejemplo, la siguiente cita muestra que el autor considera que la ingeniería depende de la química, al mismo tiempo que se califica a la ingeniería de "ciencia".

La química es útil porque es el punto donde convergen las demás ciencias, como la ingeniería o incluso la vida misma. (Umland y Bellama, 2000).

En el siguiente párrafo se evidencia que el autor considera los avances tecnológicos como ciencia aplicada.

Se necesita un conocimiento de la química en toda ciencia moderna, desde la astronomía hasta la zoología. Todo lo que usan los ingenieros y técnicos en materiales fue hecho o modificado por reacciones químicas. (Umland y Bellama, 2000).

Por lo tanto, a pesar de que en esta categoría comienzan a aparecer nociones vinculadas a lo sistémico, la visión positivista, si bien con algunos matices particulares, continúa predominando.

Influencias político-ideológicas: Cuando se mencionan las aplicaciones de la Química, pueden influir posturas políticas e ideológicas específicas. El siguiente párrafo, por ejemplo, presenta a la Química influyendo linealmente sobre los desarrollos tecnológicos, al mismo tiempo que revela la adhesión a una postura política determinada. Esto es un indicio de la no neutralidad de la ciencia y de la influencia de los contenidos ideológicos sobre la misma.

¿Por qué estudiar química? La química permite obtener un entendimiento importante de nuestro mundo y su funcionamiento. Se trata de una ciencia eminentemente práctica que tiene una influencia enorme sobre nuestra vida diaria. De hecho, la química esta en el centro de muchas cuestiones que preocupan a casi todo el mundo"... "Nos conviene, como ciudadanos educados y consumidores, entender los profundos efectos, tanto positivos como negativos, que las sustancias químicas tienen sobre nuestra vida, y encontrar un equilibrio sobre su uso. (Brown et al., 2004).

Debemos aclarar que, cuando los textos presentan contenidos explícitos de tipo ideológico, si bien pueden no efectuar referencias a la naturaleza de la tecnología, tienden a vincularse con cuestiones sociales, políticas y culturales que los alejan de las visiones positivistas y los aproximan a posturas de tipo socio-histórico. El referido texto de Brown et al. puede encuadrarse en esta última categoría.

De todas formas, siempre debe tenerse presente que los textos no presentan una postura única, sino que en ellos coexisten distintas visiones, que se superponen e interactúan en forma compleja: otros aspectos del texto de Brown et al., por ejemplo, lo acercan a la visión sistémica.

c) Referencia a la tecnología como conocimiento autónomo.

Constituyen una pequeña cantidad de los textos estudiados.

Las ediciones analizadas de Química de R. Chang, por ejemplo, muestran que el autor tiene la visión de que la tecnología influye sobre el desarrollo científico, apartándose del Modelo Lineal de Innovación y acercándose a visiones de tipo sistémico. Presenta el método científico en una versión hipotético-deductiva, pero no ingenua, y efectúa algunas referencias a la complejidad del proceso de la modelización. Resalta la influencia de los avances tecnológicos realizados durante el siglo XIX en la conformación de la química. He aquí algunas citas, a modo de ejemplo:

El reto que enfrentan actualmente quienes se dedican a la enseñanza es preparar a los estudiantes para un nuevo milenio, una época de cambios rápidos. Para un químico es difícil aceptar que no es capaz de predecir la dirección del cambio, pero es claro que la velocidad con la que ocurra esta determinada primordialmente por los cambios de la tecnología. (Chang, 2003).

Aunque la química es una ciencia antigua, sus fundamentos modernos se remiten al siglo XIX, cuando los adelantos intelectuales y tecnológicos permitieron que los científicos separaran sustancias en sus componentes y por lo tanto, explicaran muchas de sus características físicas y químicas. El desarrollo acelerado de una tecnología cada vez más refinada durante el siglo XX nos ha brindado medios cada vez mayores para estudiar lo que es inapreciable a simple vista (computadoras y microscopios). (Chang, 2003).

Desde hace veinte años, cuando el autor empezó a escribir la primera edición de Química, los avances tecnológicos han transformado la manera en que se producen los libros y la forma de enseñanza de la química. (Chang, 2007).

Sin embargo, los textos analizados de otros autores no revelan esta transformación.

En el libro Química Universitaria de Garritz Ruiz, Gasque Silva y Martínez Vázquez, (2005) los autores manifiestan que uno de sus objetivos es:

[...] lograr que el estudiante trate los temas de aplicación en los que se demuestre el papel relevante de la ciencia y la tecnología químicas en la elevación de la calidad de vida de la sociedad, y viceversa, donde la sociedad ha influido en el desarrollo tecnocientífico.

El libro precitado tiene al final de cada capítulo un apartado Ciencia, Tecnología y Sociedad, por ejemplo:

Pinturas: Dentro de la gran variedad de pinturas y recubrimientos para uso doméstico e industrial"... "que junto con las epóxicas y de poliuretano se constituyen como las más abundantes en el mercado. Sin embargo, por su importancia en volúmenes de producción, por la tendencia en los mercados mundiales y por su aspecto de bondad ecológica, las pinturas base agua son las de mayor relevancia como tema a comentar.

La inclusión de tales apartados establece una diferencia entre la postura de Garritz (definidamente socio-histórica), y la de Chang (más cercana a lo sistémico), pues en el primero la referencia a la problemática social se vuelve de esa forma explícita y definida.

## **Conclusiones**

En el curso del presente estudio se han analizado las visiones que, acerca de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología, pueden advertirse en textos de Química básica de nivel universitario, habitualmente utilizados en la formación de ingenieros, en Argentina.

Tales obras manifiestan distintas posturas. Adscribir un libro a una visión determinada (positivista, sistémica o socio-histórica), es, por supuesto, una simplificación, porque la mayoría de los textos son resultado de una "red" en la que se entretrejen distintos paradigmas y corrientes de pensamiento.

Sin embargo, la clasificación adoptada ha resultado útil para ordenar y clarificar las consideraciones que, sobre la naturaleza de la tecnología, efectúan las obras estudiadas.

Aquellos autores que presentan la química como una ciencia básica y no mencionan a la tecnología (o la presentan sólo como ciencia aplicada), lo hacen desde una óptica predominantemente positivista. El método científico se presenta en versiones ingenuas, a veces de carácter definidamente inductivista, y no se reconoce la independencia del conocimiento tecnológico. En esta categoría incluimos el 30 % de los textos analizados (Anexo II-a).

Existe otro grupo de libros (45% del total de la muestra, Anexo II-b), que resaltan más las aplicaciones de la Química. Esta aproximación a la presentación de la disciplina es realizada, en algunas oportunidades, desde una óptica positivista y, en otras, desde perspectivas sistémicas en las que se adjudica algún espacio al conocimiento tecnológico, considerado en este caso como un saber con características propias, de carácter instrumental. Dentro de esta categoría, cinco de los nueve textos (el 56%) adscriben a visiones predominantemente positivistas, uno (el 11%) podría clasificarse como predominantemente sistémico, uno (el 11%) presenta características positivistas y sistémicas en un equilibrado balance y dos (el 22%) evidencian posturas sistémicas con una marcada tendencia socio-histórica.

Finalmente, los textos que refieren a la tecnología como conocimiento autónomo representan el 25% restante (Anexo II-c). Dentro de esta categoría, cuando se analizaron las cuatro ediciones de R. Chang se advirtió un cambio gradual en la manera de presentar los temas y valorar la autonomía del conocimiento tecnológico, lo que revela un abandono del Modelo Lineal de Innovación. Con una postura que retiene aspectos de la perspectiva sistémica, aquí se reconoce explícitamente la influencia de la tecnología en el desarrollo de los conceptos científicos y la posibilidad de la existencia de un saber tecnológico con notas distintivas particulares. La referencia a la tecnología como un saber con modalidades específicas, desde una óptica sistémica, abarca el 80% de los textos de esta categoría. La visión de Garritz, también referida a la especificidad del conocimiento tecnológico, es definidamente socio-histórica, y representa el 20% restante.

Ahora bien, independientemente de la postura adoptada, en todos los libros se destaca una ausencia importante: la falta de una definición explícita del conocimiento tecnológico. En el caso de obras manifiestamente destinadas a la formación de ingenieros, tal forma de conocimiento debería

describirse, y señalarse su relevancia para la futura actividad profesional del estudiante que se sirve del texto para su aprendizaje.

En todos los casos, es importante destacar el rol del docente como "guía" aconsejando a sus alumnos la bibliografía más adecuada para los objetivos del curso, y compensando en sus clases las carencias de los textos, desarrollando, ampliando y dando los ejemplos acordes con los conocimientos previos de los estudiantes (Martín, 2007), y con la formación pretendida para los mismos.

### **Referencias bibliográficas**

- Atkins, P. (1992). *Química General*. Madrid: Ediciones Omega.
- Atkins, P. y L. Jones (2006). *Principios de Química. Los caminos del descubrimiento*. Buenos Aires: Médica Panamericana S. A.
- Brown, T.; H. LeMay y B. Burstein (2004). *Química. La ciencia central*. México: Pearson Prentice Hall.
- Campanario, J.M. y J. Otero. (2000). La comprensión de los libros de texto. En F.I. Perales y R. Pordan (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 323-338). Madrid: Universidad de Alcalá de Henares. En: [www2.uah.es/jmc/ln2.pdf](http://www2.uah.es/jmc/ln2.pdf).
- Chang, R. (2003). *Química*. México: Mc Graw Hill.
- Chang, R. (2007). *Química*. México: Mc Graw Hill.
- Cordero, A. (2001). On the growing complementarity of science and technology. En R. Laudan (Ed.), *The nature of technological knowledge. Are models of scientific change relevant?* (pp. 205-214). Münster: LIT Verlag.
- Cornejo, J. (2008). La Historia, la Cultura y el Arte en la Formación Universitaria Integral del Docente de Ciencias Exactas y Naturales. *Formación Universitaria*, 1, 37-46.
- Costa, A. y G. Doménech. (2002). Distintas lecturas epistemológicas en tecnología y su incidencia en la educación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 1, 159-165.
- Cupani, A. (2006). La peculiaridad del conocimiento tecnológico. *Scientiae Studia*, 4, 3, 353-371.
- Garritz Ruiz, A.; L. Gasque Silva y A. Martínez Vázquez. (2005). *Química Universitaria*. México: Pearson Educación.
- Garritz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 127-152.
- Kroes, P. (1989). Philosophy of science and the technological dimension of science. En K. Gavroglu (Ed.), *Imre Lakatos and theories of scientific change* (pp. 383-398). Dordrecht: Kluwer.
- Martín, A. (2007). Ácido-Base en los libros de texto de Química General. *Revista Educación en la Química*. 13, 2, 90-96.
- Misirlis, G. (2003). *La selección de textos escolares como parte de la gestión curricular*. La Plata: Dirección General de Cultura y Educación.

Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology. The path between engineering and philosophy*. Chicago: The University of Chicago Press.

Mortimer, C. (1983). *Química*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

Proyecto ICI – CONFEDI (Instituto de Cooperación Iberoamericana-Consejo Federal de Decanos de Ingeniería). (1996). *Unificación curricular en la enseñanza de Ingeniería en la República Argentina*. Disponible en Hemeroteca de la Biblioteca del Ministerio de Educación Nacional de la República Argentina.

Reboiras, M. (2006). *Química. La ciencia básica*. Madrid: Thomson Editores.

Sienko, M. y R. Plane. (1970). *Química. Teórica y descriptiva*. Madrid: Editorial Aguilar.

Simon, H. (1969). *The Sciences of the Artificial*. Cambridge: The MIT Press.

Speltini, C. y J. Cornejo. (2005). Actividades tecnológicas en la formación básica del ingeniero. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 10, 7-16.

Tedesco, J.C. (2007). *El nuevo pacto educativo*. Buenos Aires: Santillana.

Umland, J. y J. Bellama. (2000). *Química general*. México: Thomson Editores.

Vincenti, W. (1990). *What engineers know and how they know it*. Baltimore: The John Hopkins University Press.

Whitten, K. y K. Gailey. (1989). *Química General*. México: McGraw-Hill.

**Anexo 1: Libros analizados**

<b>Título</b>	<b>Autor/es</b>	<b>Edición y Año</b>	<b>Editorial</b>	<b>Destinado a estudiantes de:</b>
Química General	P. Atkins	1ª, 1992	Ediciones Omega	Química, Ingeniería, otras.
Principios de Química. Los caminos del descubrimiento	P. Atkins – L. Jones	3ª, 2006	Medica Panamericana S.A.	Química, Ingeniería, otras.
Química. La ciencia central	T. Brown, et al.	7ª, 1997	Pearson	No indica
Química. La ciencia central	T. Brown, et al.	9ª, 2004	Pearson / Prentice Hall	No indica
Química	R. Chang	4ª, 1992	Mc Graw Hill	No indica
Química	R. Chang	6ª, 1999	Mc Graw Hill	No indica
Química	R. Chang	7ª, 2003	Mc Graw Hill	No indica
Química	R. Chang	9ª, 2007	Mc Graw Hill	No indica
Química Universitaria	A. Garritz Ruiz, et al.	1ª, 2005	Pearson Educación	Química, Ingeniería, otras.
Química y reactividad química	J. Kotz – P. Treichel	5ª, 2003	Thomson	Química, Ingeniería, otras.
Química. Curso universitario	B. Mahan - R. Myers	4ª, 1990	Addison-Wesley Iberoamericana	No indica
Química General Superior	W. Masterton – et al.	6ª, 1991	Mc Graw Hill	No indica
Química general	J. McMurry - R. Fay	5ª, 2009	Pearson	No indica
Química	C. Mortimer	1ª, 1983	Grupo Editorial Iberoamérica	No indica
Química. La ciencia básica	M. Reboiras	1ª, 2006	Thomson Editores	Química, Ingeniería, otras.
Química Teórica y descriptiva	M. Sienko – R. Plane	1ª, 1970	Aguilar	No indica
Química general	J. Umland – J. Bellama.	3ª, 2000	Thomson Editores	No indica
Química general	K. Whitten- K. Gailey	1ª, 1989	Mc Graw Hill	Química, Ingeniería, otras.
Química general	K. Whitten, et al.	5ª, 1998	Mc Graw Hill	Química, Ingeniería, otras.
Fundamentos de Química	S. Zumdahl	1ª, 1992	Mc Graw Hill	No indica



## Anexo 2: Clasificación en categorías

a) Referencias a la química como ciencia básica y a la naturaleza de la ciencia en general, ausencia de referencias a la tecnología o visiones de la misma sólo como ciencia aplicada.

Libro	Visión epistemológica predominante		
	Positivista	Sistémica	Socio-histórica
Atkins - Jones, 2006	x		
Masterton et al., 1991	x		
Reboiras, 2006	x		
Sienko - Plane, 1970	x		
Whitten - Gailey, 1989	x		
Mahan - Myers, 1990	x		

b) Referencia a la Química como ciencia importante por sus aplicaciones

Libro	Visión epistemológica predominante		
	Positivista	Sistémica	Socio-histórica
Atkins, 1992	x	x	
Brown et al., 1997		x	x
Brown et al., 2004		x	x
McMurry - Fay, 2009	x		
Kotz - Treichel, 2003	x		
Umland - Bellama, 2000	x		
Whitten et al., 1998	x		
Zumdahl, 1992	x		
Mortimer, 1983		x	

c) Referencia a la tecnología como conocimiento autónomo

Libro	Visión epistemológica predominante		
	Positivista	Sistémica	Socio-histórica
Chang, 1992		x	
Chang, 1999		x	
Chang, 2003		x	
Chang, 2007		x	
Garritz et al., 2005			x