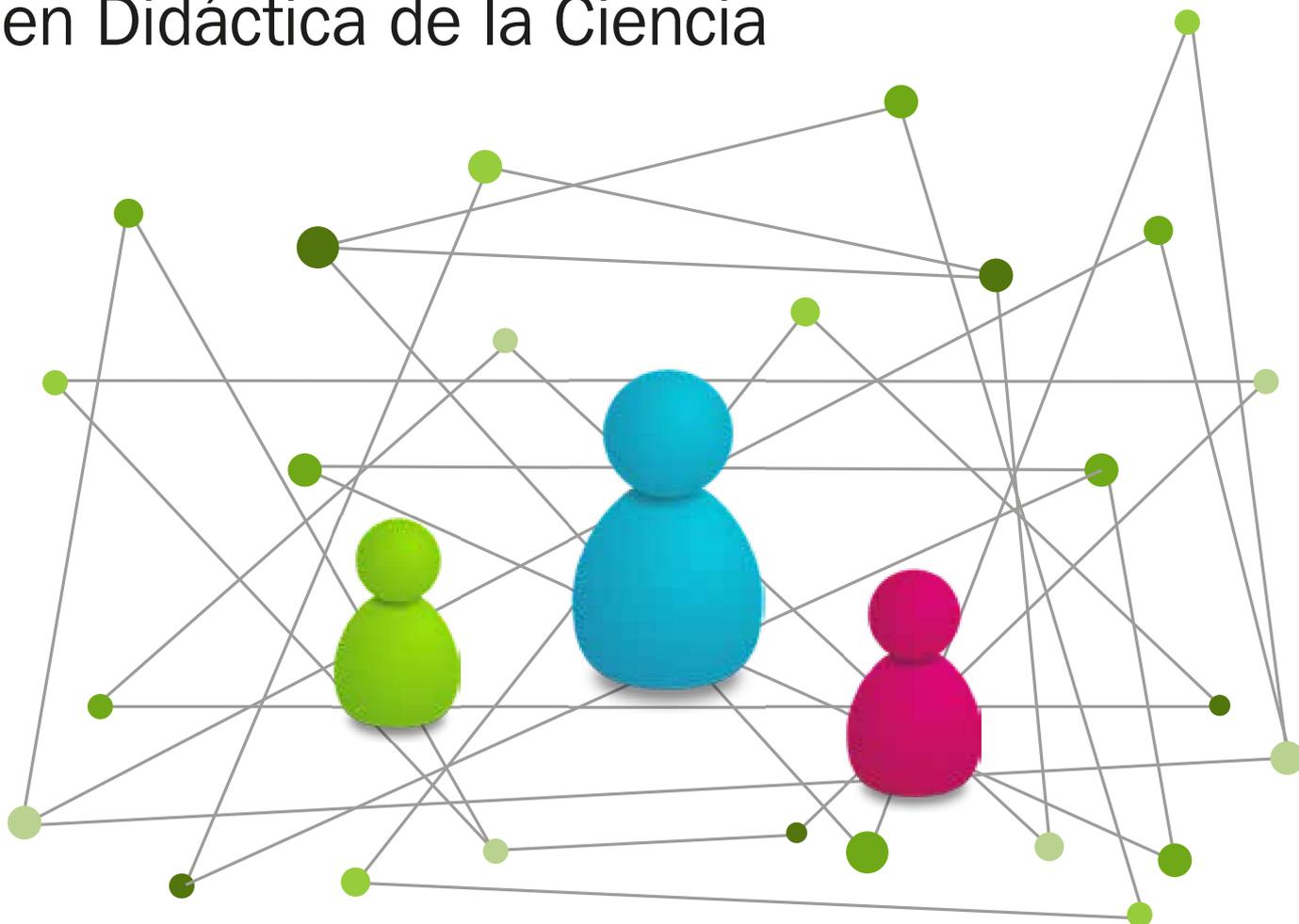


# Comunicando la Ciencia

Avances en investigación  
en Didáctica de la Ciencia



Ma. Gabriela Lorenzo · Héctor Santiago Odetti · Adriana Emilia Ortolani  
(editores)

**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL LITORAL**



COLECCIÓN  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

## María Gabriela Lorenzo

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. CIAEC. CONICET.

## Héctor Santiago Odetti

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Departamento de Química General e Inorgánica.

## Adriana Emilia Ortolani

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Departamento de Química General e Inorgánica.

Comunicando la Ciencia / María Gabriela Lorenzo et ál.]; editado por Adriana Ortolani; Héctor Santiago Odetti; prólogo de Luz Lastres Flores 1a ed. Santa Fe: Ediciones UNL, 2018.

Libro digital, PDF (Ciencia y Tecnología)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-749-105-0

1. Ciencia. 2. Educación Superior. I. Lorenzo, María Gabriela II. Ortolani, Adriana, ed. III. Odetti, Héctor Santiago, ed. IV. Lastres Flores, Luz, prolog.

CDD 507.11



Reservados todos los derechos



edicionesUNL

Consejo Asesor

Colección Ciencia y Tecnología

**Luis Quevedo / Erica Hynes / Ayelén García Gastaldo / Gustavo Ribero / Gustavo Menéndez**

Coordinación editorial: Ma. Alejandra Sedrán

Corrección: Félix Chávez

Diseño de tapa e interiores: Analía Drago

© Adúriz-Bravo, Alcalá, Armúa, Bertelle, Cambra Badii, Dos Santos Moreira Souza, Fabro, Falicoff, Farré, Ferreira dos Santos, González Galli, Güemes, Idoyaga, Lastres Flores, Lorenzo, Maeyoshimoto, Masullo, Meinardi, Novaes dos Santos, Odetti, Ortolani, Paz, Pérez, Plaza, Porro, Pujalte, Rossi, Sánchez, Sardinha da Silva, Tiburzi, Zanón, 2018.

© ediciones UNL



Universidad Nacional del Litoral, 2018

Facundo Zuviría 3563, cp. 3000, Santa Fe, Argentina

editorial@unl.edu.ar

www.unl.edu.ar/editorial



**Universidad  
Nacional del Litoral**

**Enrique Mammarella** · Rector

**Claudio Lizárraga** · Vicerrector y Secretario de Planeamiento Institucional y Académico

**Ivana Tosti** · Directora Centro de Publicaciones

**Adriana E. Ortolani** · Decana Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas

## Comunicando la Ciencia



# Comunicando la Ciencia

Avances en investigación  
en Didáctica de la Ciencia

María Gabriela Lorenzo  
Héctor Santiago Odetti  
Adriana Emilia Ortolani  
(Editores)

Agustín Adúriz-Bravo  
Ma. Teresa Alcalá  
Aurora C. Armúa  
Adriana Bertelle  
Irene Cambra Badii  
Geovânia Dos Santos Moreira Souza  
Ana P. Fabro  
Claudia B. Falicoff  
Andrea S. Farré  
Bruno Ferreira dos Santos  
Leonardo González Galli  
René O. Güemes  
Ignacio J. Idoyaga  
Jorge E. Maeyoshimoto  
Marina Masullo  
Elsa Meinardi  
Karina Novaes dos Santos  
Vilma A. Paz  
Gastón M. Pérez  
María V. Plaza  
Silvia Porro  
Alejandro Pujalte  
Alejandra Ma. Rossi  
Germán H. Sánchez  
Eliana Sardinha da Silva  
María del C. Tiburzi  
Victoria Zanón  
Luz Lastres Flores (Revisora)

# Índice

- **Prólogo** /  
*Luz Lastres Flores*
  
- **Agradecimientos** / **11**
  
- **PARTE I**  
**Investigación y Docencia en Interacción**
  
- Capítulo I  
**Proyecto Redes: Circuitos comunicativos entre grupos de investigación en educación en ciencias experimentales y naturales argentino-brasileño** / **17**  
*M. Gabriela Lorenzo*
- La comunicación en la ciencia / **18**
- Marco de pertenencia del proyecto redes / **19**
- Hace mucho que venimos trabajando... / **22**
- Descripción del proyecto / **24**
- Referencias bibliográficas / **27**
  
- Capítulo II  
**El lenguaje y el discurso en el aula y sus relaciones con la enseñanza y el aprendizaje de ciencias naturales** / **28**  
*Karina Novaes dos Santos, Geovânia dos Santos Moreira Souza, Eliana Sardinha da Silva y Bruno Ferreira dos Santos*
- Introducción / **29**
- La adquisición del lenguaje científico en clases de química / **30**
- Las investigaciones sobre las interacciones discursivas / **32**
- La teoría social sobre el discurso pedagógico de Basil Bernstein / **34**
- Referencias bibliográficas / **36**
  
- Capítulo III  
**El remodelado de una práctica pedagógica de química que altera características sociológicas** / **38**  
*Eliana Sardinha da Silva y Bruno Ferreira dos Santos*
- Introducción / **39**
- El contexto de aplicación / **39**
- La base teórica de la experiencia / **40**
- Los contenidos trabajados / **41**

- Propuesta de la actividad / **41**
- La evaluación / **41**
- Los resultados / **42**
- Consideraciones finales / **52**
- Referencias bibliográficas / **53**

#### Capítulo IV

- **Las actividades experimentales simples: una alternativa para la enseñanza de la física / 55**  
*Ignacio Idoyaga y Jorge Maeyoshimoto*
- Introducción / **55**
- Las actividades experimentales en la enseñanza de la física / **57**
- La revolución pendiente / **59**
- Las actividades experimentales simples / **64**
- Referencias bibliográficas / **67**

#### Capítulo V

- **Científicas y científicos, ¿fuera del laboratorio?: las representaciones del estudiantado y profesorado como insumo para repensar la educación ambiental en la escuela / 69**  
*Alejandro Pujalte, Silvia Porro y Agustín Adúriz-Bravo*
- Introducción / **70**
- Metodología / **71**
- Resultados / **72**
- Comparación de las representaciones de estudiantes y profesores / **76**
- Interpretación de resultados / **77**
- Conclusiones / **78**
- Propuestas / **79**
- Referencias bibliográficas / **80**

#### Capítulo VI

- **¿Cómo elegir un libro de texto para nuestras clases teniendo en cuenta la naturaleza de la ciencia? / 81**  
*Andrea S. Farré y M. Gabriela Lorenzo*
- La naturaleza de la ciencia comunicada a través de la historia / **85**
- Formas en que se comunica la experimentación y su relación con la naturaleza de la ciencia / **88**
- Poniendo manos a la obra. Ejemplos de práctica / **91**
- Actividades de cierre / **103**
- Evaluación en y de la secuencia / **104**
- Reflexiones finales / **105**
- Referencias bibliográficas / **106**

→ **PARTE II**

**Avances en Investigación**

Capítulo VII

→ **Comunicando avances en investigación en Argentina / 111**

*Irene Cambra Badii, Ana P. Fabro, Héctor S. Odetti y Germán H. Sánchez*

→ Introducción / **112**

→ Los grupos de investigación en didáctica de las ciencias. Desafíos para el futuro / **115**

→ Nuevos investigadores, nuevos desafíos / **117**

→ A modo de cierre / **119**

→ Referencias bibliográficas / **121**

Capítulo VIII

→ **Aportaciones de la epistemología y la historia de la ciencia a la modelización y la argumentación científicas escolares / 123**

*Agustín Adúriz-Bravo*

→ Introducción/Fundamentación / **123**

→ Objetivos e hipótesis / **125**

→ Metodología / **126**

→ Principales resultados y perspectivas / **128**

→ Referencias bibliográficas / **130**

Capítulo IX

→ **Estudio de las características textuales y el contenido científico de resúmenes sobre la función de nutrición en estudiantes de educación secundaria obligatoria. Tesis doctoral / 131**

*Vilma A. Paz*

→ Introducción / **131**

→ Marco teórico / **132**

→ Lenguaje y ciencia escolar / **134**

→ El resumen escolar / **136**

→ Metodología / **136**

→ Referencias bibliográficas / **140**

Capítulo X

→ **Experiencia de inmersión en el campo de las prácticas de residencias en ciencias naturales / 141**

*Aurora C. Armúa y M. Teresa Alcalá*

→ Introducción / **141**

→ Metodología / **143**

→ Resultados preliminares / **145**

→ Referencias bibliográficas / **147**

Capítulo XI

→ **Hacer visible el pensamiento en las clases de ciencias naturales.**

**Las rutinas como estructuras / 148**

*Marina Masullo*

→ Introducción/Fundamentación / **148**

→ Hipótesis / **151**

→ Metodología / **151**

→ Principales resultados y perspectivas / **153**

→ Referencias bibliográficas / **157**

Capítulo XII

→ **Implementación y evaluación de secuencias didácticas / 158**

*Adriana Bertelle, Cristina Iturralde, Bravo Bettina; Juárez, Mabel; Rocha Adriana; Salomone Silvia; Bouciguez María José*

→ Introducción y fundamentación / **158**

→ Objetivos / **160**

→ Metodología / **160**

→ Principales resultados y perspectivas / **162**

→ Referencias bibliográficas / **163**

Capítulo XIII

→ **Producción y evaluación de materiales para la formación en competencias científicas de los estudiantes de química en un proceso de articulación escuela media-universidad / 164**

*Adriana E. Ortolani, René O. Güemes, Claudia B. Falicoff, M. del Carmen Tiburzi y Héctor S. Odetti*

→ Introducción/Fundamentación / **165**

→ Objetivos / **166**

→ Metodología / **166**

→ Principales resultados y perspectivas / **167**

→ Referencias bibliográficas / **172**

Capítulo XIV

→ **Las representaciones gráficas en la enseñanza y en el aprendizaje de la física en la universidad / 173**

*Ignacio Idoyaga y M. Gabriela Lorenzo*

→ Introducción/Fundamentación / **173**

→ Objetivos e hipótesis / **174**

→ Metodología / **174**

→ Principales resultados y perspectivas / **178**

→ Referencias bibliográficas / **179**

Capítulo XV

- **Prácticas educativas en el taller de ciencias naturales para el ciudadano. Un caso de implementación de la reforma curricular en el nivel medio de la provincia de Río Negro / 180**

*Victoria Zanón*

- Introducción/Fundamentación / **180**
- Objetivos / **181**
- Metodología / **182**
- Principales resultados y perspectivas / **183**
- Referencias bibliográficas / **184**

Capítulo XVI

- **La importancia del cine en el aprendizaje de cuestiones bioéticas. Un acercamiento desde la psicología / 185**

*Irene Cambra Badii*

- Introducción/Fundamentación / **185**
- Objetivos e hipótesis / **186**
- Metodología / **186**
- Principales resultados y perspectivas / **189**
- Referencias bibliográficas / **190**      190

Capítulo XVII

- **La enseñanza y el aprendizaje de la evolución en la escuela secundaria basados en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos / 190**

*Gastón M. Pérez y Leonardo González Galli*

- Introducción / **191**
- Fundamentación / **192**
- Objetivos e hipótesis / **193**
- Metodología / **194**
- Principales resultados y perspectivas / **195**
- Referencias bibliográficas / **196**

Capítulo XVIII

- **Estudio de trabajos prácticos de ciencias experimentales en el nivel superior. Una aproximación metodológica / 198**

*Germán H. Sánchez, Héctor S. Odetti y M. Gabriela Lorenzo*

- Introducción / **199**
- Objetivos e hipótesis / **200**
- Metodología / **200**
- Estrategias metodológicas para la recopilación de datos / **200**
- Análisis de datos / **202**

- Validación de los métodos / **203**
- Principales resultados y perspectivas / **203**
- Agradecimientos / **204**
- Referencias bibliográficas / **205**

Capítulo XIX

- **Introducción a las metodologías de investigación en educación / 206**  
*Elsa Meinardi y M. Victoria Plaza*
- Principales enfoques en investigación educativa / **206**
- Enfoques cuantitativos / **207**
- La investigación cualitativa / **216**
- Para finalizar / **219**
- Referencias bibliográficas / **220**

Capítulo XX

- **Reflexionar para seguir aprendiendo / 222**  
*M. Gabriela Lorenzo y Alejandra M. Rossi*
- Introducción / **223**
- Perspectivas / **225**
- Preocupaciones / **226**
- Encrucijadas / **226**
  
- **Sobre los autores / 228**

## Capítulo VI

### **¿Cómo elegir un libro de texto para nuestras clases teniendo en cuenta la naturaleza de la ciencia?**

Andrea S. Farré y M. Gabriela Lorenzo

Uno de los reclamos más frecuentes que se le hace a la investigación, y en especial a la investigación didáctica, es que sus resultados puedan ser transferidos a la práctica educativa real. Para atender a esta situación, en este capítulo discutimos algunos elementos y criterios teóricos para la selección de libros de texto basados en los resultados de nuestro trabajo de investigación. En primer lugar exponemos los antecedentes de la investigación sobre libros de texto y la imagen de ciencia que se comunica a partir de su lectura. Luego describimos una secuencia didáctica ideada a partir de estos antecedentes y de nuestros resultados de investigación. La propuesta fue aplicada en diferentes contextos de formación de profesores, lo que nos permite exponer distintas alternativas de apertura, desarrollo y cierre. Las mismas fueron diseñadas para reflexionar sobre los aportes de la naturaleza de la ciencia y la historia de la ciencia, así como sobre el papel de los libros de texto en nuestras clases.

¿Cuál es el rol de libros de texto en la construcción del conocimiento científico?

Los libros de texto son mucho más que reservorios de información y siempre han sido de gran utilidad para la enseñanza de la ciencia. Según Merce Izquierdo, estos libros presentan un mundo nuevo, una nueva forma de verlo y de referirse a él. En sus propias palabras:

En los libros de ciencias escritos con intención didáctica, los enunciados se emiten con la intención de transformar el mundo del lector y lo consiguen. Así, los textos científicos tienen un sentido literal, pero constituyen también un tipo de acción que debería proporcionar al lector un nuevo estilo de relación con el mundo. Los libros de ciencias hablan del mundo de una manera diferente a la que es habitual, porque lo transforman para mostrar el orden y sentido que permite comprender cómo funciona y cómo se puede intervenir en él para mejorarlo... y llegan a hacerlo de manera tan radical que algunas veces parece que no hablan del mundo real (2005).

Inicialmente podríamos hablar de dos tipos de libros usados en la enseñanza, los llamados libros de texto que se usan en el nivel universitario y los denominados manuales utilizados en la enseñanza primaria y secundaria. Los libros de texto surgieron al resguardo de la pedagogía escolástica y se empleaban principalmente para comentar trabajos de autores clásicos. Así por ejemplo, los primeros libros de texto universitarios estaban impresos a doble espacio con el fin de que los estudiantes, siempre bajo la guía de su tutor, pudieran escribir y resaltar los aspectos más importantes (Bensaude-Vincent, 2006). A diferencia de aquellos, los manuales tienen una historia más reciente que está relacionada con el origen de la escuela pública (Tosi, 2011).

En la actualidad, tanto los libros de texto como manuales son muy diferentes en el contenido y en el diseño de impresión de sus antecedentes. Por ejemplo en la actualidad, los empleados principalmente en el nivel secundario, resultan similares a una página web (Tosi, 2010a). Sin embargo, lo que define a ambos tipos de libros es la intención con la que fueron producidos. Tanto los libros de texto como los manuales han sido pensados para la enseñanza, por lo tanto, se distinguen por su intencionalidad didáctica. Por eso en este capítulo nos referiremos a ambos como libros de texto. Esta intencionalidad pedagógica, hace que aún hoy en la era de la virtualidad y los soportes electrónicos, estos materiales continúen vigentes en los sistemas de enseñanza. Los libros además, ayudan a ordenar la práctica áulica y a moldear el currículum de las asignaturas (Ocelli y Valeiras, 2013), desempeñando un rol fundamental en la construcción del objeto de enseñanza; es decir, en la transposición didáctica. O sea, en la selección y posterior textualización de los aspectos del saber construidos en el seno de la comunidad científica para

ser incluidos en la enseñanza (Chevallard, 2005). Por lo cual, los libros de texto resultan tanto reservorios de información como una voz de autoridad en el aula ya que contribuyen a la uniformidad lingüística de la disciplina y a su propagación (Occelli y Valeiras, 2013) de manera independiente del uso que le confiera el docente.

Las palabras de Negrin nos dan indicios sobre algunas de las causas posibles de su vigencia:

Los libros de texto (...) se presentan, para los profesores, como herramientas que mitigan el agobio provocado por la enmarañada y cambiante realidad de las aulas y los cobijan no solo de las excesivas demandas que la sociedad dispara sobre el trabajo docente, sino también de la retórica de la actualización permanente de los discursos de las reformas educativas. (2009)

En cada libro, el proceso de transposición didáctica puede quedar reflejado en la anulación de la referencia explícita a los autores de los trabajos originales, y en contrapartida, por la construcción de una explicación que intenta ser percibida como sencilla, clara y objetiva (Tosi, 2010a, 2010b). Entonces el texto se construye con nuevas categorías semánticas que son parte de un lenguaje impersonal, preciso, correspondiente a hechos aceptados en el seno de la comunidad científica (Hall y López, 2011; Sutton, 1997; Myers, 1992). En general, en las páginas de los libros de texto no hay personas que disuelvan sal en agua, ni determinan lo que pasa si calienta o enfría el agua y la mezclan con la sal. Por el contrario, se emplean expresiones tales como «la dependencia de la solubilidad del cloruro de sodio en agua en función de la temperatura» donde las acciones pasan de ser expresadas con verbos a ser enunciadas como sustantivos (disolver–solubilidad) en un proceso de nominalización del lenguaje (Mortimer, 1998).

Además, en la mayoría de los textos de los últimos tiempos, existe una profusión de información gráfica acompañando al texto principal. Por un lado, podrían argumentarse razones de diseño, que hacen que se incluyan paratextos<sup>2</sup> por fuera del texto central para asemejarse a la internet, o también para aportar evidencia o aclaraciones sobre la información que se está presentando. Los paratextos pueden aparecer entonces en forma de tablas, ecuaciones, diagramas, gráficos cartesianos, entre otros. Muchas veces las imágenes cumplen simplemente una función decorativa y en aquellos otros casos en que cumplen un función informativa, suelen estar apenas comentados en el texto

<sup>2</sup> El término «paratexto» designa al conjunto de los enunciados que acompañan al texto principal, como pueden ser el título, subtítulos, imágenes, cuadros, entre otros.

central (Ocelli y Valeiras, 2013), dando por sobreentendido que la lectura de la información gráfica resulta sencilla, cuando no obvia, para el estudiante-lector. Sin embargo, estudios sobre el procesamiento de este tipo particular de información han puesto de manifiesto las dificultades que conllevan su aprendizaje y los procesos de visualización requeridos para su interpretación (Gilbert, 2005; Pozo y Lorenzo, 1986). Esto implica que para una lectura autónoma de la información gráfica presente en el libro de texto (o en cualquier otro lado), el alumno necesita desarrollar ciertas estrategias conocidas como «alfabetización gráfica» o *graphicacy* (Postigo y Pozo, 2000).

En síntesis, tal como plantea Izquierdo (1997) los estudiantes deben aprender a leer libros de texto, de manera tal:

que el discurso no se desconecte de la realidad, para que los símbolos, tablas, matrices... que se presentan por escrito no se sobredimensionen, adquiriendo importancia en ellas mismas y perdiendo su función de «argumentos», de intentos de dar sentido a los fenómenos del mundo.

Consecuentemente, los profesores deberíamos ser conscientes de estos obstáculos a los que se enfrentan los estudiantes al acercarse a los libros de texto, para poder guiarlos en la comprensión del significado y en la consiguiente construcción de conocimientos.

Ya centrándonos en la lectura de los libros de texto propios de disciplinas como la química, la física o la biología, no debería pasarnos inadvertida la naturaleza de las ciencias que comunica dicho libro. En nuestro rol de docentes y expertos en una determinada área de conocimiento deberíamos reconocer la naturaleza de la ciencia como parte del mundo al cual el autor del texto nos está invitando, es el lugar asignado a la propia ciencia. Y por ello, la relación que los lectores pueden llegar a crear con ella mediante la lectura resulta de suma importancia. Si bien, como señalábamos antes, en general los libros tienden a una representación de la ciencia como una verdad objetiva, eso es también una manera particular de ver el mundo. El autor del texto comunica explícita o implícitamente lo que considera como ciencia, la forma en que esta se construye y las relaciones que mantiene con otros conocimientos y que forman parte del acervo cultural. Esta postura o concepciones del autor son tan resistentes que predominan incluso sobre la propuesta editorial (Abd-El-Khalick, Waters y Le, 2011).

Entonces, para acceder por nuestra parte de forma consciente al mundo que el autor nos propone, la lectura de los libros de texto tendría que hacerse al menos en dos niveles:

- a) uno que nos permita descubrir los significados representados por las palabras, las imágenes y los gráficos;
- b) y otro, que nos revele la naturaleza de la ciencia subyacente en todos ellos.

Sobre el primero de los niveles mencionados, la literatura ha sugerido principalmente el uso de estrategias metacognitivas para controlar el proceso de comprensión (Occelli y Valeiras, 2013). Sobre el segundo de los niveles profundizaremos en los siguientes apartados centrándonos en dos aspectos. Por un lado, en las historias que los libros incluyen sobre algunos temas específicos, y por el otro, teniendo en cuenta la forma en que se presenta el rol de la experimentación. Además, este último nivel es el que elegimos para planificar la unidad didáctica que expondremos al final de este capítulo.

### **La naturaleza de la ciencia comunicada a través de la historia**

La importancia de la inclusión de la historia de la ciencia para su enseñanza ha sido reconocida desde comienzos del siglo XX, dado que permite mostrar las relaciones entre las conclusiones y las evidencias sobre determinados hechos (Níaz, 2005, 2012). Es más, hoy resulta evidente que la historia está dentro o es parte constitutiva de cada una de las disciplinas.

Además, el reconocido investigador en Historia y Filosofía y Didáctica de las Ciencias, Michael R. Matthews, defiende la inclusión de la historia en las clases de ciencia porque las transforma haciéndolas más estimulantes y reflexivas. Asimismo, los aportes históricos motivan a los estudiantes hacia el aprendizaje, y contribuye a una mayor comprensión de los contenidos científicos al poner de manifiesto el carácter cambiante, perfectible y humano de la ciencia (Matthews, 1994).

En síntesis, los argumentos esgrimidos desde la didáctica de la ciencia para justificar una enseñanza de la ciencia históricamente informada generalmente corresponden a los niveles epistemológico–metacientífico<sup>3</sup> (construcción y validación de la ciencia), conceptual–científico (mayor y mejor comprensión de los conceptos) y motivacional–psicológico (Lombardi, 2009).

---

<sup>3</sup> Entendemos a la epistemología como una «metaciencia» del mismo modo que la filosofía de la ciencia o la historia de la ciencia, entre otras, porque todas tienen en común que son conocimientos de segundo orden cuya construcción discursiva se basa en discursos preexistentes como el de la ciencia.

Sin embargo, una mirada rápida pone de manifiesto que la mayoría de los textos de biología, química o física no poseen una perspectiva histórica, al menos no explícitamente. Los antecedentes que dieron lugar a lo que hoy se conoce en un determinado campo disciplinar están presente solamente como parte de la introducción de algunos temas específicos como la genética y el concepto de gen, la estructura atómica o la mecánica newtoniana y el concepto de fuerza (Níaz, 2014). Además, la imagen de ciencia que surge a partir de la lectura de estas historias en particular y/o de la completitud de los libros, ha sido evaluada en más de una ocasión como distorsionada (Solaz-Portolez, 2010).

Esta distorsión parece deberse a que cuando se hace esta defensa desde el nivel epistemológico–metacientífico, se piensa en un tipo de historia que implique una visión contextualizada de la ciencia, que considere a un mismo tiempo las dimensiones temporo–espaciales, sociales, políticas y culturales. Pero en cambio, aparece una «pseudo–historia», en la que se sobresimplifica y se relatan los sucesos del pasado reforzando los estereotipos del sentido común sobre la ciencia y el trabajo de los científicos. Ejemplos de esta situación son la exageración del drama de los descubrimientos científicos, la selección tendenciosa de algunos hechos y protagonistas sobre otros, el empleo de estándares actuales para analizar las situaciones o la representación de los científicos como «héroes». Además, en este tipo de historia (pseudo–historia), la descripción de las ideas y teorías actuales aparecen como inevitables constituyéndose en una «verdad objetiva» alcanzada siguiendo «el método científico» (Pagliarini y Silva, 2007). La mirada que aportaría una historia *Whig* o anacrónica, en la que se imponen al pasado los patrones del presente evaluando a la ciencia de épocas pretéritas, a la luz y con referencia al conocimiento actual, tampoco sería lo aconsejado. Esta historia posee un carácter lineal, relacionado con la idea de continuidad acumulativa del conocimiento científico, que habla de un avance de la ciencia en términos positivistas.

En contraposición a estas dos últimas formas de entender la historia que hemos mencionado, se encuentra la «historia diacrónica» que es aquella que estudia la historia de la ciencia contextualizadamente, es decir, considerando las costumbres, los recursos y modos de conocer de la época en cuestión, sin imponer las miradas actuales. Se trata entonces de una historia que relata el pasado desde el pasado. No obstante, se asume que llegar a alcanzar una versión completa de los sucesos pretéritos es un ideal irrealizable porque los juicios de los actores históricos, aunque se intente, son inaccesibles. Por ello, un modo intermedio para afrontar esta limitación es la que propone una última corriente para entender los sucesos del pasado, la «historia recurrente», que revela el modo en que los conceptos emergen unos de otros por una secuencia de co-

rrecciones o rectificaciones. Cuando un nuevo concepto aparece, introduce una reorganización del campo de estudio y una evaluación del conocimiento anterior. O sea, no solamente revela la forma por la cual se llega a las teorías y modelos actuales, sino también las razones por las cuales otras propuestas anteriores y alternativas fueron rechazadas.

Por lo tanto, al leer un determinado tema con su historia, en un libro de texto deberíamos recordar que toda interpretación histórica implica necesariamente una posición epistemológica de quien la escribe, ya sea que el autor la haya asumido de forma consciente o no (Lombardi, 2009). Es decir, la forma en que el o los autores, ya sea intencional o de manera implícita, presentan el tema, desarrollan el contenido, los ejemplos que utilizan, implica una selección y recorte del tema que está íntimamente ligado a la manera de entender la disciplina que está exponiendo, esto es, su posición epistemológica.

Desde este punto de vista entonces, la inclusión de un enfoque histórico en la enseñanza puede facilitar el proceso de construcción de sentido, y también puede ser un aspecto motivacional que favorezca la lectura de los libros de texto de determinada disciplina. Sin embargo, no debería olvidarse que simultáneamente se está comunicando una idea sobre la naturaleza de la disciplina. Según la narrativa histórica que incluya el texto se puede abogar por una naturaleza de la ciencia más positivista o por una visión más contextualizada. En el cuadro 1 presentamos algunas ideas clave que pueden servir como indicadores para reconocer cómo se presenta a la ciencia en el texto de modo de reconocer a partir de ellos aspectos vinculados a su naturaleza.

### Cuadro 1.

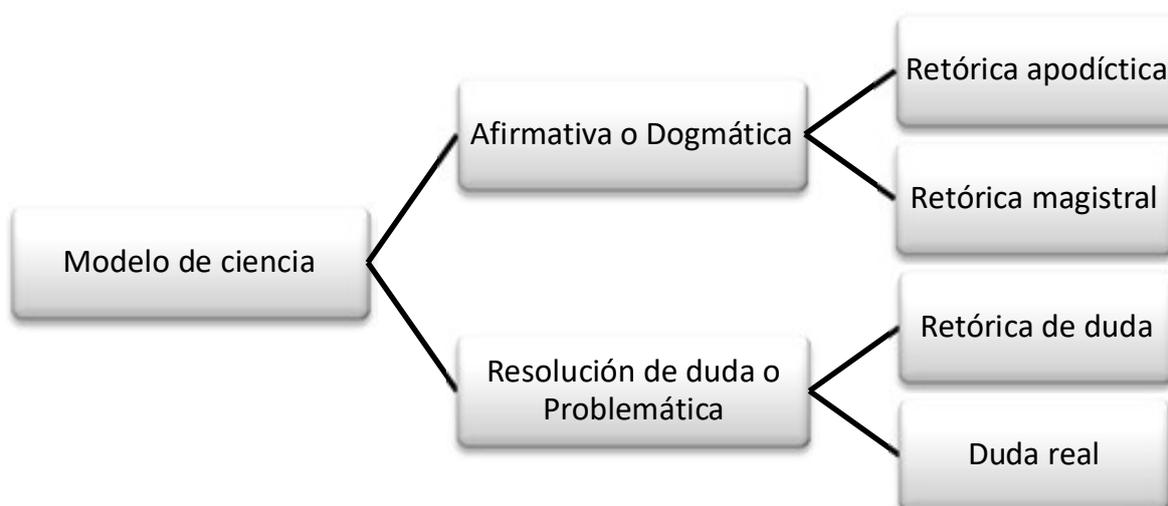
Naturaleza de la ciencia según la narrativa histórica

<b>Positivista (Pseudo-historia e historia anacrónica o Whig)</b>	<b>Visiones actuales (Historia recurrente y diacrónica)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avance lineal e inexorable.</li> <li>• Acercamiento a la verdad.</li> <li>• Basada en observaciones y experimentos que no son conducidos desde el conocimiento previo.</li> <li>• Objetiva.</li> <li>• Productora de leyes generales a partir de datos particulares.</li> <li>• Método científico único.</li> <li>• Aislamiento de los científicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marchas y contramarchas.</li> <li>• No existe verdad última.</li> <li>• Toda observación y experimentación es conducida a partir del conocimiento previo.</li> <li>• Subjetiva, creativa, acuerdos sociales.</li> <li>• Se experimenta, se infiere y se concluye.</li> <li>• Multiplicidad de métodos.</li> <li>• Los científicos son parte de la sociedad.</li> </ul>

## Formas en que se comunica la experimentación y su relación con la naturaleza de la ciencia

Algunas de las «pistas» que permiten evidenciar la naturaleza de la ciencia sostenida por los autores de los textos es la presencia de fragmentos históricos, como ya vimos, y también puede ser revelada, y muy especialmente, por la forma como se comunica la experimentación.

Considerando el desarrollo experimental que a lo largo del tiempo ha tenido una dada disciplina, Níaz (2005) sostiene que generalmente los libros de texto utilizan una «retórica de conclusiones» en la que el conocimiento, aunque tentativo, se presenta como definitivo sin explicar la forma en que se arribó al mismo. En el caso que los experimentos sean expuestos, no suele quedar en claro que ha sido un intento para resolver problemas de investigación. Esto ocurre porque los experimentos son presentados de manera que dejan de formar parte de la construcción del conocimiento de esa disciplina para transformarse, o más correctamente, para transponerse a su versión didáctica con fines argumentativos (Izquierdo, 1997). Entonces, el experimento se presenta con un objetivo distinto al que tuvo el investigador, para ello se utiliza un determinado vocabulario y características textuales específicas que responden a diferentes estrategias comunicativas según los modelos de ciencia que se sostengan. En la figura 1 resumimos los dos modelos que surgen al clasificar las formas de comunicación: una primera forma de tipo afirmativa o dogmática y una segunda, que corresponde a una forma problemática o de resolución de duda (Izquierdo, 2005; Izquierdo, Márquez y Gouvêa, 2006).



**Figura 1.**

Modelos de ciencia comunicados en las narrativas experimentales

En el primer caso, el modelo de ciencia que sugiere la comunicación «afirmativa» o «dogmática», según su retórica responde a dos tipos:

–Por un lado está la retórica apodíctica que corresponde a una narrativa autoritaria, en donde los hechos se narran solos, correspondiéndose con un habla objetiva que describe la verdad sobre un mundo a la que se llega a través de una experimentación cuidadosa. Por lo tanto, la ciencia es algo que está en el libro de texto, y en los laboratorios de ciencia y que no se relaciona con la vida diaria.

–El otro tipo corresponde a la «retórica magistral», el texto introduce la explicación científica a partir de hechos familiares al lector y aunque no hace uso de la experimentación como modo de justificación, requiere de la imaginación para visualizar algo que nadie puede ver. Además, utiliza una argumentación basada en relaciones causales que se constituye en el modo de explicación para los fenómenos presentados. En este caso, la ciencia no aparece relacionada con la creatividad y el rol de la experimentación se diluye.

En ambos casos, lo que se presenta es un conocimiento verdadero, con lo cual las visiones de ciencia serían más coincidentes con las de la pseudo-historia y la historia anacrónica, es decir con una visión positivista de la ciencia. Igualmente, esto es más evidente en la «retórica apodíctica» que en la «retórica magistral», ya que en el segundo caso por lo menos este conocimiento verdadero tiene una utilidad y está presente en la vida cotidiana.

Por el contrario, los modelos de ciencia que surgen a partir de narrativas en donde la experimentación surge a partir de la «resolución de una situación problemática», utilizan preguntas para generar el flujo de la información, a la vez que sugieren la respuesta, o la presuponen. Por lo tanto, en el texto no se afirma, se insinúa, y el lector es quien decide aceptar lo que el autor está ofreciendo en el texto. Por lo tanto, la ciencia se puede ver como un intento de solución de problemas que podrían ser resueltos por cualquier persona que esté dispuesta a hacerlo. La diferencia entre la «retórica de la duda» y la de «duda real» radica en que en el primer caso se plantea un problema simulado y en el segundo caso el problema es realmente planteado por el científico. Un ejemplo de este último tipo de retórica se puede encontrar en los escritos de Newton. El hecho de que exista un problema desde el cual se investiga y el autor del libro vaya hipotetizando e infiriendo, hace que la lectura de este tipo de narrativas se acerquen más a una imagen de ciencia similar a la presentada por una historia diacrónica o recurrente.

Recientemente se han comenzado a estudiar otras aristas de la naturaleza de la ciencia atendiendo a su consideración como parte de la cultura y por tanto como un fenómeno social. En los modelos que presentamos hasta

ahora, podemos apreciar que este aspecto no ha sido contemplado. Es más, en los libros de química para la enseñanza media empleados en los Estados Unidos en las últimas cuatro décadas este rasgo de la ciencia ha estado ausente. Podemos resumir la idea diciendo que en la mayoría de los libros de texto de ciencias naturales, no se presenta a la ciencia como una actividad que se vea influenciada por las necesidades sociales ni como parte de la cultura. Tampoco se hace explícita la idea de la ciencia como una actividad colaborativa (Abd-El-Khalick *et al.*, 2008). Coincidentemente, en los libros argentinos de Ciencias Naturales empleados en el nivel medio tampoco se pone en evidencia la construcción conjunta del conocimiento. A diferencia de los artículos científicos en los que el autor se posiciona como experto y conocedor del tema citando a otros científicos, describiendo sus resultados como avales o para disentir con ellos, en los libros de texto la multiplicidad de voces es poco frecuente. Llegado el caso, el discurso ajeno se incluye preferentemente como citas parafraseadas, y en los pocos ejemplos en los que se emplean citas textuales son parte de un paratexto, es decir, se utilizan por fuera de la explicación central, como citas marginales funcionando mayormente como discursos paralelos e independientes (Tosi, 2010a, 2010b).

Por lo tanto, como hemos venido diciendo, para tener una idea completa de la imagen de ciencia que impregna a un libro de texto, no debemos olvidar la información presente en los paratextos.

Un ejemplo muy ilustrativo lo encontramos en un estudio llevado a cabo en el contexto brasileño, donde se muestra la influencia ejercida por la sociedad y la cultura a través del rol que le ha otorgado a la información gráfica en la comunicación de la imagen de la química en los libros de texto universitarios de Química General. La investigación realizada por Souza y Porto (2012) de la Universidad de San Pablo muestra que entre los años 1940 y 1960 existió un cambio en el tipo de imágenes presentadas en línea con una mayor teorización y abstracción de la disciplina en desmedro de su dimensión práctica y experimental. Así, en los libros de texto, disminuyeron las figuras de los equipamientos de laboratorio y de los procedimientos experimentales e industriales; al mismo tiempo que se produjo un aumento en los gráficos y diagramas, de representaciones de modelos y de imágenes que relacionaban lo fenomenológico con lo teórico–conceptual. Los autores de este estudio atribuyen la causa de este cambio a la necesidad de presentar a la química como un cuerpo de conocimientos con una estructura sólida conformada por principios generales. A raíz de los avances producidos en la disciplina durante ese período, resultaba necesario trascender la reactividad de compuestos particulares debido al gran aumento de la cantidad de sustancias conocidas, como por ejemplo podrían nombrarse los productos de la síntesis

orgánica, que hacían imposible analizar cada compuesto por separado. Otro factor que también influyó en este cambio sobre la concepción de la química (y también de otras ciencias) fue la transformación social que se produjo durante la posguerra que requería químicos reflexivos y capaces de crear nuevos procedimientos acordes a los nuevos tiempos dominados por la guerra fría.

Resumiendo lo que acabamos de discutir hasta ahora, podemos decir que cada texto plantea una propuesta didáctica particular que responde a una determinada forma de comprender la disciplina. Por lo tanto, al elegir un libro de texto para trabajar con nuestros estudiantes debemos realizar una lectura atenta del desarrollo planteado por el autor en la centralidad del texto y estar pendientes de la forma en que narra los experimentos; y también, de manera importante, analizar la información que se presenta en los paratextos, ya sean éstos expresados en modo verbal o gráfico.

Un estudio realizado por nosotras sobre libros de Química Orgánica para el caso particular de la estructura del benceno y la reactividad de los compuestos aromáticos, muestra que la historia que se incluye difiere de un libro a otro, aunque hayan sido editados en la misma época, donde se evidencia que cada autor sostiene explícita o implícitamente visiones epistemológicas y ontológicas diferentes (Farré y Lorenzo, 2012). Aunque también se filtren ciertas concepciones metacientíficas propias de la época en la que fue realizado el texto. La mirada sobre la forma en que se presenta tanto la historia como la experimentación puso de manifiesto que es diferente y esto se evidencia tanto en el texto central como en los paratextos utilizados (Farré; Farré y Lorenzo, 2010, 2013).

En función de estos resultados diseñamos una unidad didáctica que fuera empleada en cursos de capacitación de profesores, y que presentamos a continuación. Dicha secuencia intenta mostrar un ejemplo de práctica que nos ayudará a leer entre líneas los libros de texto de las ciencias, a reconocer aquellos indicios que revelan las concepciones y los posicionamientos teóricos y epistemológicos de los autores ocultos entre sus páginas.

### **Poniendo manos a la obra. Ejemplos de práctica**

¿Por qué planteamos esta secuencia de actividades?

La secuencia didáctica que aquí presentamos está fundamentada en diversos resultados obtenidos a partir de la investigación en didáctica de las ciencias. Este campo de conocimiento tiene como objetivos la planificación, la ejecución y la evaluación de la enseñanza de las ciencias sobre la base de un planteamiento teórico. Es decir, que la podemos caracterizar a la didáctica de las ciencias como una «ciencia de diseño», como una ciencia aplicada

que por un lado, produce conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias, y por otro, intenta que ese conocimiento repercute de un modo positivo en la práctica áulica (Estany e Izquierdo, 2001). Es en este sentido, que los didactas de la ciencia al plantearse una investigación, tienen como objetivos conocer y comprender lo que ocurre en las aulas y además, a partir de los resultados obtenidos proponer nuevos diseños y estrategias de intervención que permitan reflexionar sobre ellas y analizarlas de modo de obtener nuevas preguntas que permitan buscar nuevas respuestas.

Sin embargo, muchas veces es difícil encontrar propuestas que vinculen de manera efectiva los resultados de la investigación con las propuestas de enseñanza, es decir, lo que se conoce como «transferencia de los resultados de investigación», y más aún, que la propuesta haya sido implementada y evaluada.

Como ya adelantáramos, la secuencia didáctica que presentamos ha sido diseñada teniendo en cuenta las investigaciones sobre el tema, discutidas en el apartado anterior, y fue utilizada en numerosos cursos de capacitación de profesores, lo que nos permite reconocer su potencialidad como instrumento pedagógico.<sup>4</sup> Esta modalidad de trabajo responde a lo que hemos denominado una «unidad didáctica en cascada» (UDEEC) (Lorenzo y Farré, 2015), entendida como una experiencia de aprendizaje vivencial que llevan adelante los docentes durante su propia capacitación y actualización, que incluye los dispositivos para su contextualización y permite por tanto, su transferencia y aplicación cuasi inmediata en sus propias prácticas educativas.

Nuestra propuesta ofrece herramientas para conocer y explicitar diferentes formas de leer los libros de texto al planificar y culminar la construcción del objeto de enseñanza. O sea, promueve la utilización de las plataformas decisionales que cada docente posee a la hora de moldear el currículum, eligiendo, pensando y adaptando el libro de texto al contexto particular de su aula. Esto es, haciendo un uso flexible del material didáctico. De esta manera, el docente podrá guiar al alumno, lector novel de la disciplina científica, en torno a la naturaleza de la ciencia que comunica y que muchas veces queda naturalizada e invisibilizada por no reflexionar sobre ella.

---

4 La secuencia la hemos aplicado con éxito en numerosos cursos de posgrado para docentes universitarios argentinos y brasileros, así como también en talleres de formación docentes de nivel secundario dictados mayormente en el contexto de congresos, como ser los organizados por la Asociación de Docentes de Química de la República Argentina (ADEQRA), la Asociación Química Argentina (AQA) y la Asociación de Docentes de Biología de la Argentina (ADBIA), entre otros.

## Los objetivos de la intervención didáctica

Muchas veces, dar clases de ciencias nos lleva a enfocarnos solamente en los aspectos disciplinares, y sin embargo, son los contenidos metacientíficos (aquellos vinculados a las metaciencias, resumidamente la filosofía, la historia y la epistemología de la ciencia) los que hacen que nuestros alumnos sigan pensando a la ciencia como una actividad solo para unos pocos y alejada de sus posibilidades. Por eso, el propósito general de la secuencia didáctica es que los docentes puedan desprenderse de la naturalidad del objeto a enseñar, y desarrollen una mirada crítica al leer los libros de texto. Para ello, planteamos los siguientes objetivos:

- Aplicar un análisis crítico de los contenidos expuestos en los libros comparando diferentes textos, ya sea de diferentes autores o de diferentes años de edición.
- Reflexionar conjuntamente sobre los contenidos incluidos en los libros de texto tomando como base los aspectos históricos y epistemológicos.

## Los contenidos desarrollados

Como hemos mencionado, la secuencia didáctica se basa en los antecedentes detallados en el apartado anterior. Es decir, en ella se trabaja sobre los siguientes contenidos:

- La naturaleza de la ciencia y las disciplinas metacientíficas; su rol en la enseñanza de las ciencias.
- El rol de los libros en el contexto de la ciencia normal.
- La historiografía empleada en los libros de texto y su relación con la naturaleza de la ciencia que evidencian.
- Las narrativas experimentales como forma de comunicar imágenes de ciencia.
- La detección de indicadores de saberes metacientíficos en los libros de texto.
- El meta-análisis de las actividades realizadas.

## Las actividades planificadas

La propuesta incluye diferentes actividades de apertura, desarrollo y cierre en un intento por ofrecer amplitud de alternativas que permita su transferencia a diversos contextos y diferentes disponibilidades de tiempo para mostrar así también, flexibilidad en su duración.

## Actividades de apertura

Como su nombre lo indica, las actividades de apertura tienen por objetivo abrir la sesión propiciando un buen clima de aprendizaje. A partir de una pregunta o un problema significativo para los capacitandos, planteamos y promovemos la discusión y el debate recuperando de este modo, los conocimientos e ideas previas de los participantes. Esto les permite recobrar y traer a su pensamiento diversas informaciones que sean conocidas por ellos, ya sea por su formación previa o cosecha de su propia experiencia (Díaz Barriga, 2013). En este sentido, la planificación de las actividades de apertura fijó como objetivo la indagación y explicitación de las ideas previas cambiando el foco en función de los contextos.

### a) Técnica del retrato chino

Consiste en la indagación y explicitación de las ideas y concepciones empleando analogías y metáforas visuales. *(Porque creemos que las vivencias personales enriquecen el aprendizaje, invitamos al lector a completar la actividad antes de continuar con la lectura, para que pueda acompañarnos con el análisis que presentamos más adelante como protagonista de la experiencia).*

Consigna: reflexione un instante y responda, si la ciencia fuera un animal ¿cuál sería? ¿Por qué eligió ese animal? Argumente y explique los fundamentos de su elección.

La consigna obliga a realizar una comparación mediante la cual se establecen relaciones de similitud entre dos elementos, conceptos o ideas (en este caso ciencia–animal), con la finalidad de ofrecer una perspectiva novedosa del asunto, lo que promueve el análisis desde diferentes ángulos.

En este caso, la consigna es del tipo: «si A fuera B...». En un primer momento cada participante debe reflexionar sobre la consigna y completar la frase eligiendo lo pedido. A continuación debe argumentar y explicar los fundamentos de su elección. Una vez que todos hayan cumplimentado esta tarea de forma escrita e individual, el coordinador de la actividad realiza un registro en la pizarra o en algún soporte que pueda ser visto por la totalidad del grupo, de los animales, siguiendo con el ejemplo, elegidos. Una vez que todos hayan expresado su selección se comienza a revisar los argumentos en plenario, exponiendo los propios y discutiendo sobre las razones de los compañeros. Simultáneamente, el coordinador registra las palabras clave de las exposiciones y va realizando cierres parciales.

Entre los animales que han surgido durante la implementación de esta actividad en nuestros cursos existen ciertas coincidencias a pesar de los diferentes contextos en las cuales fue aplicada. Por ejemplo, entre los animales y las

razones que han surgido aparecen la hormiga/abeja, por su capacidad de trabajar en equipo; algún tipo de ave (águila, cuervo) por su capacidad de volar y ver las cosas con otra perspectiva; algún felino, por su fiereza y garra; el caballo y el perro, por ser fieles compañeros y servidores del hombre (en general, no aparece la mujer en esta actividad); por mencionar alguno de los más recurrentes. El hecho de que se trabaje de esta forma permite una discusión más rica y distendida que si se les pidiera que definieran lo que es la ciencia.

Además de la indagación, estas preguntas permiten en el curso comparar las diferentes respuestas. Así, generalmente, es más rica la discusión sobre la imagen de ciencia que poseemos trabajando con analogías y metáforas, ya que no se responde desde lo que se considera correcto, sino desde lo posible.

#### **b) Elaboración de una red conceptual**

Otra actividad de apertura utilizada para indagar sobre las concepciones de la naturaleza de la ciencia es la producción grupal de una red conceptual. Emplear una red permite conocer la forma en que los docentes integran y organizan los conceptos y los representan visualmente. La consigna empleada solicita el diseño de una red a partir de una serie de palabras como las que se enuncian a continuación y que cualquier exclusión sea debidamente justificada:

Estudiantes	Observación
Investigadores	Neutralidad
Docentes	Cultura
Ciencia	Equipos de investigación
Indagación	Desarrollo científico y tecnológico.
Sociedad	Historia de la ciencia
Conocimiento científico	Libros de texto
Experimentación	

#### **c) Trabajo con imágenes, lecturas y/o audiovisuales**

Estas actividades fueron diseñadas para explicitar ideas previas y reflexionar sobre la historia, para así después relacionar con la que presentan los libros de texto y la naturaleza de la ciencia comunicada a través de ella. Se distribuyen imágenes entre los cursantes o se muestran mediante una presentación en plenario como la que se expone en la figura 2, para que conformen grupos y luego sea discutido en plenario.

Consigna: ¿cuál de las imágenes les parece que representaría mejora la historia de la química?



**Figura 2.**

Imágenes presentadas en un taller dictado a profesores de Química

Cuando se emplean las imágenes para la conformación de los grupos, lo que utilizamos es una estrategia que llamamos «grupos con sentido», ya que el mismo proceso de formación del grupo es una excusa para el aprendizaje. Para conformar el grupo los alumnos deben comprender el mensaje encerrado en la imagen y así juntarse con sus compañeros. El mensaje es parte de los contenidos del curso o taller, y al analizarlo metacognitivamente produce aprendizajes significativos. Por ejemplo, en este caso, al emplear las imágenes presentes en la figura 2 y otras similares que representan lo mismo, la consigna para la conformación de los grupos es: *Deberán agruparse de manera que todas las imágenes representen lo mismo y analizar qué es lo que representan y su relación con la historia de la ciencia.*

Otra alternativa muy interesante para mostrar que la historia es una reconstrucción realizada por un historiador en un relato coherente y no una mera recopilación exhaustiva de datos objetivos, y que por lo tanto un mismo hecho histórico admite diferentes puntos de vista, consiste en utilizar distintas fuentes documentales especialmente seleccionadas. Un ejemplo que hemos empleado en diversas ocasiones nos permitirá aclarar lo que queremos decir.

El gran tema sobre el que se propone la discusión es sobre qué es lo que hace que un hecho, o un científico, sea incluido en la historia de determinada disciplina. Para eso trabajamos con la figura de Bernardo Houssay, farmacéutico, médico y científico argentino reconocido por sus investigaciones sobre la regulación hormonal del metabolismo de los azúcares llevada a cabo por la glándula hipófisis, y ganador por ello de un Premio Nobel en 1947. Los materiales seleccionados para el trabajo en el aula fueron un video producido por el canal Encuentro: *Houssay. La historia de una voluntad*, realizado por la Universidad Nacional de San Martín<sup>5</sup> y algunos párrafos del libro *Los Profetas del odio y la yapa*, de Arturo Jauretche.<sup>6</sup> En ambos materiales, si bien se presentan aspectos relacionados a la vida y obra de Houssay, el enfoque utilizado es diametralmente opuesto. Mientras que en el video se destacan las virtudes de Houssay, en el libro se dice que el premio Nobel otorgado era un premio político, ya que el científico era adherente de la Unión Democrática, y que las investigaciones por las cuales se premiaban a Houssay realmente eran en co-autoría con el Dr. Alfredo Biassotti, quien fue excluido de la premiación. Sin ánimo de valorar los puntos de vista, lo valioso es que puedan reconocerse diferentes miradas sobre un mismo suceso.

En líneas generales, la metodología de trabajo en clase consiste en exponer al grupo en su totalidad, primero un recurso (a, b y/o c), y luego otro, sin intervención del docente, dejando que los materiales «hablen por sí mismos». Posteriormente, se divide a los asistentes en pequeños grupos y se los invita a discutir sobre las ideas que conllevan los materiales presentados. Como una ayuda o guía para orientar la discusión se brindan algunas preguntas como las siguientes para indagar y por tanto explicitar las ideas y conocimientos previos de los asistentes:

- ¿Qué es historia? ¿Y la historia de la ciencia?
- ¿Pueden existir diferentes versiones sobre el mismo suceso?
- ¿Por qué causas creen que una persona puede convertirse en un personaje de la historia de las ciencias?
- ¿Por qué causa/s un hecho puede ser considerado dentro de un relato histórico?

Por último, se debate en plenario para dejar en claro las ideas principales, establecer acuerdos, consensos y disensos.

<sup>5</sup> Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=9i3PP4W8v4k>

<sup>6</sup> Jauretche, A. (2002). *Los profetas del odio y la yapa*. 1ra ed., 1ra reimp. Buenos Aires: Corregidor.

## Actividades de desarrollo

El objetivo de las actividades de desarrollo es que los cursantes puedan interactuar con información nueva. Por lo tanto, a partir de la explicitación y debate, resultado de las actividades de apertura, se comienza a puntualizar aquellos conceptos que hoy defienden las comunidades científicas de las distintas áreas. Esto puede hacerse a través de una exposición dialogada a cargo del docente, con apoyo en recursos como el pizarrón o diapositivas que le permita a los asistentes tomar apuntes, registrar y organizar la nueva información suministrada a fines de poder utilizarla en las actividades siguientes durante la misma clase y disponer de ella cuando sea necesario.

Pero aún podemos hacer más. Si por un momento nos detenemos, y dejamos de comportarnos como «sujetos de aprendizaje» para adoptar un rol de «docente crítico», quizá más cercano al de un investigador, podremos reflexionar sobre la inclusión de los distintos materiales y recursos que hemos utilizado reconociendo sus fortalezas y debilidades, sus semejanzas y diferencias con otros posibles materiales, imaginar usos diferentes para esos mismos recursos o pensar nuevas ideas que nos haya despertado realizar la actividad.

Pero, como de elegir libros de texto se trata, la propuesta plantea por supuesto el trabajo con algunos capítulos seleccionados, basándonos en un análisis crítico de su lectura que incluya principalmente el modelo de ciencia que subyace, la naturaleza de ciencia que el texto comunica a partir de sus diferentes partes, su texto principal y los paratextos verbales y gráficos. Por eso, en todos los casos, en las actividades de desarrollo planteamos el análisis de capítulos de libros aprovechando los conocimientos que fueron construyéndose a partir de las actividades de apertura, y que predisponen a los alumnos a pensar sobre «esas cuestiones» al enfrentarse a la lectura de un texto.

En líneas generales, para el desarrollo de esta actividad deben seleccionarse varios capítulos (por lo menos tres) del *mismo tema* de distintos libros (distintos autores) o siendo de los mismos autores, que hayan sido publicados en diferentes épocas. De esta manera, resulta más sencillo comparar los aspectos que tienen en común unos y otros, lo que ocultan o exponen, y en definitiva discernir acerca del modelo de ciencia de cada uno. Para ello, una opción práctica es que el docente a cargo del curso realice previamente la selección asegurándose de que los textos elegidos permitan un trabajo «jugoso» de la clase, es decir, respondan a modelos diferentes de ciencia y donde la historia juegue diferentes roles. Esta primera opción suele ser la indicada para cursos o talleres de corta duración que se dictan una única vez a un determinado grupo de alumnos.

Una segunda opción, que requiere de un trabajo cooperativo con los asistentes al curso y mayor tiempo de desarrollo, es que una vez acordado entre todos el tópico sobre el cual trabajarán, sean los propios capacitandos quienes aporten los materiales. De este modo, son ellos los que deben revisar los diferentes libros de texto, identificar el o los capítulos del tema en cuestión, realizando un primer acercamiento al análisis pretendido. En este segundo caso, el docente debe ser flexible y poder determinar si los materiales aportados por sus estudiantes contribuyen a la realización de la actividad y tener las competencias necesarias para coordinar el análisis sin haberlo preparado previamente. Si bien esta segunda opción es bastante más complicada que la primera, seguramente permitirá obtener resultados aún más ricos y complejos que la anterior.

Algunos tópicos que han mostrado ser útiles para este tipo de análisis son:

–En el campo de la didáctica de la química orgánica, la estructura del benceno y su reactividad como ya hemos mencionado. Al seleccionar capítulos de distintas ediciones es posible analizar tanto la naturaleza de la ciencia comunicada por la historia presente sobre la dilucidación estructural, como las diferentes narrativas experimentales sobre la forma en que se investigó la reactividad del benceno.

–En el caso de la biología, el tratamiento que se le da al concepto de membrana plasmática, en distintas ediciones del libro *Biología celular y molecular* de De Robertis.

–Para química general, las historias presentes sobre los modelos atómicos en libros de diferentes autores del mismo año de edición.

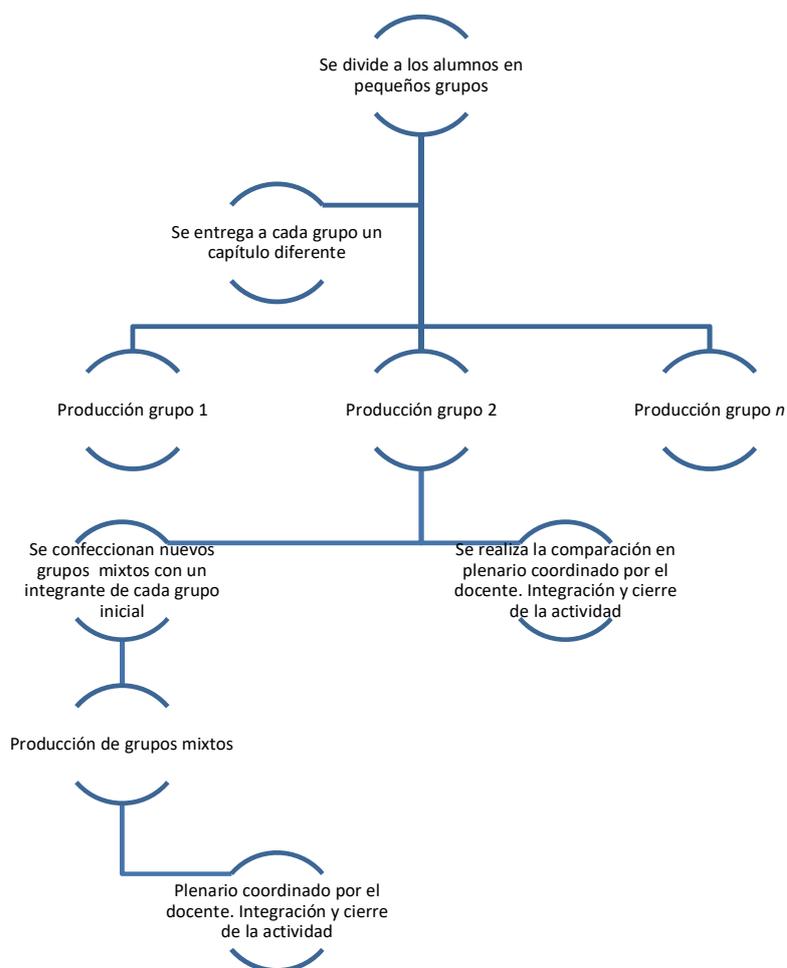
Estos son solo algunos ejemplos que han sido probados en nuestros cursos, pero las actividades pueden ampliarse a otros temas como ser hidrocarburos y petróleo, teorías de la evolución, estructura del ADN, tabla periódica y cualquier otro tema que resulte de interés para una dada disciplina.

Una vez seleccionados los capítulos para realizar el análisis se entrega a los estudiantes una serie de preguntas orientativas para ser utilizadas como guía:

- ¿Qué imagen de la disciplina predomina? Para analizarla utilizar los siguientes indicadores:
  - Presencia/ausencia de una introducción histórica
  - Referencias a la investigación científica (¿Qué hechos se destacan? ¿Qué experimentos se cuentan? ¿Todos los experimentos contribuyen a lo que se sabe hoy o hay marchas y contramarchas?)
  - Validación del conocimiento (papel de la observación, del experimento, del científico, método, de los científicos, ¿se parte de algún problema?)
  - Finalidad de la ciencia
  - Desarrollo de la ciencia

- Lenguaje, imágenes y gráficos empleados para relatar los hechos y modelos
- A quién se comunica la ciencia
- Relación de la ciencia con algo por fuera de la ciencia
- ¿Existen diferencias entre los años de edición o entre los autores de los textos consultados? ¿Cuáles? ¿A qué se deberá?
- ¿Qué implicaciones pueden tener esos materiales para la enseñanza? ¿y para el aprendizaje?
- ¿Qué cambios produjo en cada una de Uds. haber realizado esta actividad?

La metodología de trabajo admite diferentes variantes, y se inicia siempre con grupos simples. Según la profundidad del trabajo que se pretenda y el grado de autonomía y responsabilidad de los participantes, puede combinarse la conformación de grupos simples con grupos mixtos. También debemos tener en cuenta la disponibilidad de tiempo. En la figura 3 intentamos esquematizar la idea sobre cómo implementar la actividad:



**Figura 3.**

Un ejemplo de cómo implementar el análisis de los libros de texto

De esta manera, los docentes que realizan la capacitación, tienen un primer acercamiento a los libros de texto que les permite reconocer a través de una lectura crítica y de un trabajo cooperativo, algunas de las cuestiones menos evidentes presentes en los textos. Finalmente, la discusión en plenario permite comparar las propias opiniones con las de otros, reconocer similitudes y diferencias, aclarar dudas y ayudar a la consolidación de un marco teórico más rico y más completo.

Nuevamente, dado que además de alumnos quienes realizan la actividad también son docentes, resulta oportuno detenernos para reflexionar desde este rol, sobre las implicancias tanto de los contenidos trabajados durante la actividad como de la propia actividad en sí en las prácticas de enseñanza empleando estrategias metacognitivas.

Una variación de esta actividad, consiste en que los cursantes se conviertan en «historiadores» de su propia disciplina. Cuando se emplean libros de distintos años de edición, es posible encontrar las diferencias en la imagen de ciencia que ha sido comunicada en cada época, y además surge la oportunidad de detectar a partir de la lectura, cual trabajo de detectives, los modelos y experimentos que fueron abandonados por los relatos de los libros actuales de la asignatura. De este modo, son los propios cursantes quienes son capaces de reconstruir una historia a partir de la lectura de las diferentes ediciones de los textos, de una manera semejante al trabajo que realizan los historiadores de la ciencia como Stephen Brush. Este autor señala que utilizar libros de texto como fuentes para construir un relato histórico es más útil que hacerlo utilizando trabajos originales y revisiones de bibliografía, ya que proveen la visión del autor sobre las teorías aceptadas por la comunidad científica así como las razones por las cuales se aceptan en una determinada época (Brush, 1999).

De acuerdo con el tópico en cuestión y con el propósito que se realiza la actividad, puede resultar apropiado modificar las preguntas incluidas en el cuestionario orientativo. Por ejemplo, para estudiar los aspectos históricos en textos de química utilizados recientemente en la escuela secundaria argentina sobre el tema de estructura atómica, adaptamos las consignas de la siguiente forma:

- ¿En qué contexto se presenta el tema? ¿Qué modelos atómicos aparecen?
- Y sobre los modelos:
  - ¿Se parte de algún problema? ¿Sobre qué es lo que estaban investigando para que surja la nueva idea de átomo?
  - ¿Qué hechos se destacan?
- ¿Qué experimentos se cuentan? ¿Hubo algún experimento crucial que los llevó a postular el modelo?
- ¿Qué hipótesis tenían sobre los resultados que iban a obtener en el experimento quienes postularon el modelo?

- ¿Qué características tiene el modelo atómico planteado? ¿A partir de qué datos experimentales es que llegaron a inferir estas características?
- ¿Sus alumnos son capaces de comprender estos experimentos de la manera en que están contados?
  - ¿Qué se mantiene y qué difiere del modelo anterior? ¿Los términos significan lo mismo?
  - ¿Qué lenguaje se utiliza para hablar del modelo?
- ¿Qué personajes existen en el relato?
- ¿Se relaciona la Química con algo por fuera de la Química?

En todos los casos, después del análisis y la reflexión, se dan ejemplos de diferentes tipos de historiografía y se discute las implicaciones de cada una de ellas en la imagen de ciencia que se desprende de la lectura de los libros. En esta exposición se vuelve al análisis realizado por los alumnos identificando la historiografía empleada por cada uno.

En ocasiones, se profundiza la discusión y se presentando ejemplos de análisis sobre el lenguaje empleado (figura 4) y la forma de comunicar la experimentación (figura 5).

## Un ejemplo de análisis: Novikoff y Holtzman, 1970

Antes era diferente que ahora

Creatividad. Se trabaja a partir de conocimientos previos

2-1-1 ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

La microscopía de luz no muestra directamente la membrana plasmática, cuyo espesor es muy inferior al poder de resolución del microscopio óptico. Pero antes del descubrimiento del microscopio electrónico, los experimentos fisiológicos habían suministrado mucha información indirecta acerca de la membrana. Se idearon sistemas artificiales en los cuales dos soluciones acuosas con distintas concentraciones de ciertas sustancias estaban separadas por una membrana, parecida a la membrana plasmática en el sentido de ser semipermeable (permitiendo sólo el paso de algunos tipos de moléculas). Cuando un componente

cada componente aislado capaz de atravesar la membrana. En ciertas condiciones experimentales, los grandes cambios de volumen pueden indicar impermeabilidad relativa a las moléculas disueltas, con entrada y salida secundaria de agua; las células pueden hincharse muchísimo, o hincharse hasta estallar, según las concentraciones de las soluciones. Los estudios de este tipo, junto con experimentos más complicados en los cuales se medían directamente las concentraciones de las sustancias en la célula, mostraron que existía una membrana plasmática, muy selectiva en cuanto a lo que podía atravesarla. Los gases atra-

de tres capas. En el entusiasmo inicial de excitación de los microscopistas al poder ver membranas, se creyó que la mayor parte de membranas eran muy

extracelular. A medida que ha progresado la labor, se ha ido aclarando que la estructura de tres capas es una representación excesivamente simplificada para la mayor parte de membranas; y que si bien las membranas de diversos orga-

A partir de los experimentos se infiere

Los resultados se presentan vagamente

La experiencia muestra

Los que investigan

Se juzga desde el presente

**Figura 4.**

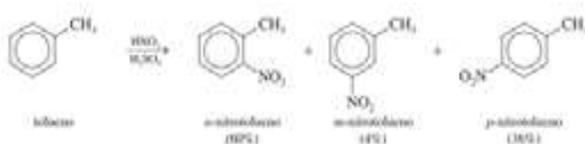
Ejemplo presentado a los alumnos que analizaron los capítulos sobre membrana plasmática.

## Información gráfica en la presentación de la experimentación

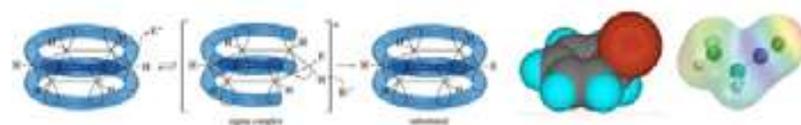
Tabla 20.1 -- DISTRIBUCIÓN DE LOS METILBENCENOS ENTRE 8-HEPTANO Y FII-F, R, FACTORES RELATIVOS DE SEPARACIÓN

Grupos metilo	Factor	Grupos metilo	Factor
CH <sub>3</sub>	(aprox. 0,01)	1,2,3,4-(CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	170
1,4-(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1	1,3,5-(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	2 800
1,2-(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2	1,2,3,5-(CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	3 600
1,3-(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub>	8 700
1,2,4-(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	40	(CH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	39 000
1,2,4,5-(CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	120		

Tabla empleada para presentar resultados experimentales –la misma es explicada en el texto, donde se citó la fuente de los datos- (Klages, 1960:1130)



Forma de presentación de resultados de obtención de los diferentes isómeros en bencenos sustituidos (Wade, 2004:728)



Imágenes presentadas en los libros actuales

**Figura 5.**

Diapositiva que permitió la profundización del rol de la información gráfica en la presentación de la experimentación con alumnos que analizaron los capítulos sobre la sustitución electrofílica aromática.

## Actividades de cierre

La finalidad de las actividades de cierre es integrar lo realizado y sintetizarlo. Para esto, lo que planteamos en todos los casos es el análisis y meta-análisis de lo realizado utilizando nuestra ya clásica transparencia que incluimos como figura 6.

ANÁLISIS	META ANÁLISIS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué hicimos?</li> <li>• ¿Cómo lo hicimos?</li> <li>• ¿Qué estrategias utilizamos?</li> <li>• ¿Qué lenguaje utilizamos?</li> <li>• ¿Cuáles fueron los recursos utilizados?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Por qué?</li> <li>• ¿Para qué?</li> <li>• ¿Podría serme útil alguna de las estrategias para mis clases?</li> <li>• ¿En qué me dejó pensando la actividad?</li> </ul>

**Figura 6.**

Consignas planteadas para el análisis y meta-análisis.

De esta manera se logra repensar las tareas realizadas y resignificarlas a la luz de la práctica áulica de los cursantes. Básicamente, durante una primera etapa, se revisa la totalidad de la clase para detectar sus partes (análisis), identificando las tareas, las estrategias, los materiales, el orden en que se presentaron, es decir, todo lo que ocurrió durante la clase. En un segundo momento, los participantes, desde su propia experiencia como docentes deben inferir las razones y los motivos que subyacen a cada uno de los elementos identificados durante el análisis. Inmediatamente, se desafía a los cursantes a involucrarse con lo vivido para que evalúen introspectivamente sus propias opiniones, sensaciones y conocimientos que fueron movilizados durante el encuentro.

La actividad se plantea como plenario de discusión donde cada uno de los asistentes es invitado a expresar sus opiniones y percepciones de lo realizado, en un clima de respeto permanente.

### **Evaluación en y de la secuencia**

En los cursos de formación docente, como en toda actividad docente, la propuesta didáctica tiene que estar acompañada de un proceso evaluativo. En nuestro caso, la evaluación formativa es permanente y orientada a la retroalimentación del proceso de aprendizaje, lo que permite revisar las actividades planificadas de modo tal de realizar los ajustes que resulten necesarios.

Para lograr la aprobación del curso recurrimos a una evaluación sumativa que atienda fundamentalmente, a la posibilidad de que los participantes, después de haber vivido las experiencias ofrecidas, sean capaces y se animen a transferir lo aprendido durante el curso a sus propias prácticas. Así, una buena forma de plantear la evaluación es solicitarles a los cursantes la reformulación de una actividad de su propio repertorio a ser realizada con sus alumnos durante el dictado de su asignatura.

Hemos acompañado y tutorizado a varios docentes en la implementación de nuevas secuencias y hemos podido detectar los cambios producidos a lo largo del curso. A modo ilustrativo podemos citar como ejemplo lo enunciado por un grupo de tres profesoras de Biología que decidió trabajar sobre el modelo de membrana plasmática justificándolo de la siguiente manera:

El modelo que se acepta en la actualidad data de 1972 con lo cual resultaría un tema interesante para trabajarlo a la luz del desarrollo científico y la epistemología.<sup>7</sup>

---

7 Los párrafos que se citan pertenecen a la memoria que escribió el grupo, la cual era parte de los instrumentos de evaluación del curso

Además, agregaron que:

en los libros escolares, donde en general la única referencia histórica es al modelo propuesto por Singer sin ninguna mención a otro antecedente, y por lo tanto transmiten una imagen de ciencia totalmente descontextualizada y deshumanizada.

Por último dicen:

Comenzamos a buscar un texto que relatase la historia de las distintas investigaciones que llevaron al modelo de estructura de membrana que se acepta en la actualidad, para armar una actividad que le permitiese a los alumnos una visión contextualizada de la investigación científica.

Para finalizar, nuestra propuesta ha sido muy bien recibida por los cursantes a quienes les resultó muy interesante y novedosa, ya que en general manifestaron que nunca antes habían analizado libros de texto de esta manera. A partir del meta-análisis final también pudimos evidenciar las posibles formas en que la experiencia repercute en su práctica docente.

### **Reflexiones finales**

La sociedad actual reclama que la investigación científica sea transferible y posea una capacidad transformadora. La didáctica de la ciencia no es ajena a este reclamo. En este sentido, la universidad debe asumir su responsabilidad social como agente capaz de generar espacios de reflexión didáctica y jerarquización para la formación de profesores. Para ello, no pensamos en políticas autoritarias, sino en generar estructuras democráticas de participación para que los docentes adquieran conocimientos y herramientas para desarrollarse profesionalmente.

Es por eso que, a partir de nuestra investigación atendemos a la detección de temas cruciales para describirlos, categorizarlos y finalmente poder reflexionar sobre ellos con los profesores. Luego en nuestros cursos intentamos que los profesores se acerquen a los resultados e interrogantes que plantea la investigación didáctica y al mismo tiempo sean profesionales más críticos y reflexivos.

Poder transformar aquellos conocimientos construidos en el campo de la investigación científica, tanto del campo disciplinar como de las didácticas específicas, en propuestas que puedan concretarse en el aula, es un desafío que a la vez que jerarquiza a los profesores mejora el aprendizaje de la ciencia. Docentes, estudiantes e investigadores deberíamos encontrar nuevas y mejores formas de comunicarnos, para encarar el estudio de la ciencia a

través del diálogo y el trabajo conjunto. Con ello, mejoraríamos la educación científica pero fundamentalmente, nuestra formación como ciudadanos comprometidos con el mundo donde vivimos.

## Referencias bibliográficas

**Abd-El-Khalick, F.; Waters, M. y Le, A.** (2008). Representations of Nature of Science in High School Chemistry Textbooks over the Past Four Decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835–855.

**Bensaude-Vincent, B.; Guchet X** (2006). One word for three different paradigms. *Techné*, forthcoming.

**Brush, S.** (1999). Dynamics of theory change in chemistry: Part 1. The benzene problem 1865–1945. *Studies in History and Philosophy of Science*, 30(1), 21–79.

**Chevallard, Y.** (2005). *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.

**Díaz Barriga, A.** (2013). Secuencias de aprendizaje. ¿Un problema del enfoque de competencias o un reencuentro con perspectivas didácticas? *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 17(3), 11–33. Recuperado de <http://www.ugr.es/~recfpro>

**Estany, A. e Izquierdo, M.** (2001). Didactología: Una Ciencia de diseño. *ÉNDOXA: Series Filosóficas*, 14, 13–33. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=178155>

**Farré, A. S.** (2013). *Estructura y Reactividad del Benceno. Su Enseñanza y Aprendizaje en un Curso Universitario de Química Orgánica*. Tesis Doctoral, Departamento de Química Orgánica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.

**Farré, A. S. y Lorenzo, M. G.** (2010). Aportes de la historia, la epistemología y la filosofía en los libros de textos universitarios de química orgánica. Un estudio sobre el benceno (pp. 110–119). En de Andrade Martins, R.; Lewowicz, L.; Mesquita Hidalgo Ferreira, J.; Celestino Silva, C. y Al-Chueyr Pereira Martins, L. (Eds.), *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul. Seleção de Trabalhos do 6º Encontro. Campinas, Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC)*.

- Farré, A. S. y Lorenzo M. G..** (2012). De la construcción del conocimiento científico a su enseñanza. Distintas explicaciones sobre la estructura del benceno. *Educación Química*, XXIII (E2), 271–279. Recuperado de <http://www.educacionquimica.info/>
- . (2013). Evolución de la naturaleza de la ciencia en los libros de texto de Química Orgánica de nivel superior. *Enseñanza de las Ciencias IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 1181–1187. Recuperado de [http://congres.manners.es/congres\\_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art\\_376.pdf](http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_376.pdf)
- Gilbert, J.** (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. En Gilbert, J. (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9–27). Dordrecht: Springer.
- Hall, B. y López, M. I.** (2011). Discurso académico: manuales universitarios y prácticas pedagógicas. *Literatura y Lingüística*, 23, 167–192.
- Izquierdo, M.** (1997). ¿Cómo se escribe sobre los experimentos? Análisis de la función de los experimentos en textos de química del XIX y consecuencias para la enseñanza. En Fraga **Vázquez, X. A.** (Coord.), *Ciencias, educación e historia. Actas do V Simposio de Historia e Ensino das Ciências: Vigo, setembro 1995* (pp. 409–416). Sargadelos: Edición do Castro.
- Izquierdo, M.** (2005). Estructuras retóricas en los libros de ciencias. *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa del Instituto Universitario de Ciencias de la Educación*. Universidad Autónoma de Madrid, 36, 11–33. Recuperado de <http://www.uam.es/servicios/apoyodocencia/ice/tarbiya/default.html>
- Izquierdo, M.; Márquez, C. y Gouvêa, G.** (2006). La función retórica de las narraciones experimentales en los libros de ciencias. Presentación de una pauta de análisis. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 6(2). Recuperado de <http://revistas.if.usp.br/rbpec/index>
- Lombardi, O.** (2009). El papel de la historia en la enseñanza de ciencias: diferentes aspectos significativos. *Educación en la Química*, 15(1), 33–40. Recuperado de <http://www.educacionenquimica.com.ar/>
- Lorenzo M. G. y Farré, A. S.** (2015). La Ciencia y la Tecnología entre el bien y el mal. Un debate para la formación ciudadana. En Ormart, E. y Michel Fariña, J. J. (Comps.), *La ética en la escuela de la mano de Los Simpson*. Versión DVD.
- Matthews, M.** (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255–277. Recuperado de <http://ensciencias.uab.es/>
- Mortimer, E.** (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. *International Journal of Science Education*, 20(1), 67–82.
- Myers, G.** (1992). Textbooks and the sociology of scientific knowledge. *English for Specific Purposes*, 11(3), 3–17.
- Negrin, M.** (2009). Los manuales escolares como objeto de investigación. *Educación, Lenguaje y Sociedad*, VI(6), 188–208.
- Níaz, M.** (2005). ¿Por qué los textos de química general no cambian y siguen una «retórica de conclusiones»? *Educación Química*, 16(3), 410–415. Recuperado de <http://educacionquimica.info/>
- . (2012). Filosofía de la química o historia y filosofía de la ciencia como guía para comprender el desarrollo de la química. *Educación Química*, 23(E2), 244–247. Recuperado de <http://educacionquimica.info/>

- Niaz, M.** (2014). Science Textbooks: The Role of History and Philosophy of Science. En Matthews, M. R. (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1411–1441). Dordrecht: Springer Science+Business Media.
- Ocelli, M. y Valeiras, N.** (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: Una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 133–152. Recuperado de <http://ensciencias.uab.es/>
- Pagliarini, C.de R. y Silva, C.** (2007). History and nature of science in brazilian physics textbooks: some findings and perspectives. *Ninth International History & Philosophy of Science Teaching Group Conference*. Recuperado de <http://www.ucalgary.ca/ihpst07/proceedings/IHPST07%20papers/2122%20Silva.pdf>
- Postigo, Y. y Pozo, J. I.** (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 23(2), 89–110.
- Pozo, J. I. y Lorenzo, M. G.** (2009). Representing organic molecules: the use of chemical languages by university students. En Andersen, C.; Scheuer, N.; Pérez, P. y Teubal, E. (Eds.), *Representational systems and practices as learning tools in different fields of knowledge* (pp. 243–266). London: Sense Publishers.
- Solaz-Portolés, J. J.** (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: Una revisión. *Educación XX1*, 13(1), 65–80. Recuperado de <http://www.uned.es/educacionXX1/>
- Souza, K. A. F. D. y Porto, P. A.** (2012). Chemistry and chemical education through text and image: Analysis of twentieth century textbooks used in Brazilian context. *Science & Education*, 21(5), 705–727.
- Sutton, C.** (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 12, 8–32.
- Tosi, C. L.** (2010a). Discursive traditions in the pedagogic discourse. A comparative analysis in three disciplines. *Journal of Language and Literature*, 1(1), 55–63.
- . (2010b). Argumentatividad y polifonía en libros escolares. Un análisis microdiscursivo en libros de texto argentinos. *Álabe*, 2. Recuperado de <http://www.ual.es/alabe>
- . (2011). El texto escolar como objeto de análisis. Un recorrido a través de los estudios ideológicos, didácticos, editoriales y lingüísticos. *Lenguaje*, 39(2), 469–500. Recuperado de <http://revistalenguaje.univalle.edu.co/>