



Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile  
© Ediciones UCSH

Primera Edición, octubre 2010

Ediciones UCSH  
General Jofré 462, Santiago  
Fono: 56-2-4601144  
Fax: 56-2-6345508  
e-mail: publicaciones@ucsh.cl  
www.ucsh.cl / www.edicionesucsh.cl / www.universilibros.cl

Registro de Propiedad Intelectual N°  
ISBN:

Diseño y Diagramación: Fabiola Hurtado Céspedes

Impreso en LOM ediciones

Ninguna parte de esta publicación, incluyendo el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada o transmitida de manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico, de grabación o fotocopia sin autorización previa del editor.

**Editor: Hernán Cofré Mardones**

---

# **Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile**

**Perspectivas internacionales y  
desafíos nacionales**



# Índice

**Prefacio** 0

**Parte I: Introducción** 0

Capítulo 1.

La formación de profesores de ciencia en el mundo: una revisión 0

*Johanna Camacho, Javier Jiménez,  
Alberto Galaz & David Santibáñez*

**Parte II: Temas claves en la formación de profesores de ciencia** 0

Capítulo 2

Cómo enseñar exitosamente la didáctica de la Biología 0

*Dirk Krüger & Annette Upmeyer zu Belzen*

Capítulo 3

Desde el saber hacia la acción: la formación del profesor de ciencia y la práctica de la enseñanza 0

*Helmut Fischler*

Capítulo 4

El apoyo al futuro profesor en el contexto de la escuela: en búsqueda de la cooperación en la formación de los profesores de ciencia 0

*Martin Braund*

**Parte III. Temas claves en la enseñanza de las ciencias** 0

Capítulo 5

El desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido para la naturaleza de la ciencia y la indagación científica 0  
*Judith Lederman & Norman Lederman*

Capítulo 6

Pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias 0  
*Martin Braund*

Capítulo 7

Desarrollo y evaluación de actividades prácticas para la enseñanza de las ciencias 0  
*Robin Millar*

**Parte IV: Debilidades y desafíos de la educación científica en Chile** 0

Capítulo 8

Debilidades en la enseñanza de las ciencias en Chile: el caso de las concepciones y prácticas de tres profesores de Biología 0  
*Claudia Vergara & Hernan Cofré*

Capítulo 9

Competencias para una enseñanza efectiva de las ciencias: ¿qué opinan los profesores y los formadores de profesores? 0  
*Alberto Galaz, David Santibáñez, Johanna Camacho, Javier Jiménez, Claudia Vergara & Hernán Cofré*

Capítulo 10

La formación de profesores de ciencia en Chile: desarrollo, estado actual y futuros desafíos 0  
*Hernán Cofré & Claudia Vergara*

## **Parte V: Conclusiones Finales**

Capítulo 11

Conclusiones y futuras direcciones 0

*Hernán Cofré, Javier Jiménez, Claudia Vergara,*

*David Santibáñez, Johanna Camacho & Alberto Galaz*

**Sobre los Autores** 0



# Prefacio

Informes de carácter oficial, como los del Ministerio de Educación (Mineduc, 2006) y los resultados obtenidos en pruebas internacionales, tales como los del *Programme for International Student Assessment* (OCDE 2006) o TIMMS (Martin *et al.* 2003) han dejado en evidencia los nudos críticos sobre los cuales se desarrolla la enseñanza de las ciencias en Chile en la actualidad. A partir de estas evidencias es posible establecer que nuestros alumnos, y en especial aquellos provenientes de los sectores socioeconómicos más vulnerables, no están aprendiendo y no están desarrollando las habilidades fundamentales que le permitirán comprender, valorar e interactuar con su entorno físico y natural.

Las respuestas dirigidas a enfrentar este problema han seguido su dirección tradicional: responsabilizar a los profesores e implementar cambios o ajustes curriculares que, inspirados en reformas internacionales, colocan al profesor de ciencias (ya sea en educación básica o media) ante el desafío de enseñar con una propuesta que consideran compleja y ajena. Sin embargo, aunque resulta interesante reflexionar con respecto a la racionalidad subyacente en las construcciones curriculares (véase conclusiones finales), es quizás, la naturaleza y los contenidos de una formación de calidad para el profesor de ciencia, el punto de inflexión a partir del cual se puede abordar de forma efectiva el desafío de mejorar la enseñanza de las ciencias y los resultados obtenidos en el aprendizaje de las ciencias en Chile.

Es así como en el año 2007 nace la propuesta de diseñar un programa de formación de profesores de ciencia en la Universidad Católica Silva Henríquez, proyecto que fue financiado por el Programa de Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la Educación Superior (MECESUP), el año 2008 y que se materializó durante

todo el año 2009. Este proyecto fue una oportunidad invaluable para el grupo de académicos que estuvimos involucrados en las distintas tareas del diseño de la carrera, el cual nos permitió visitar centros de excelencia en la formación de profesores de ciencia en Inglaterra y Alemania, así como, colaborar y discutir nuestras ideas con académicos del más alto nivel en la investigación de la enseñanza de las ciencias de Alemania, Estados Unidos, e Inglaterra.

Es de esta interacción y colaboración con colegas extranjeros que nace la idea de escribir un libro sobre enseñanza de las ciencias que, por una parte, sintetice algunas de las visiones y aproximaciones más utilizadas hoy en día en la formación de profesores de ciencia y en la enseñanza de las ciencias en el mundo, y por otra parte, divulgue la información recopilada y analizada por el proyecto sobre la formación de profesores de ciencias y las debilidades que presenta la enseñanza de las ciencias en Chile.

## Organización del Libro

En este trabajo original, hemos querido realizar un análisis contextualizado y no neutral en lo que respecta a los principios y fundamentos de la formación inicial y continua del profesor de ciencia y de cómo debe ser la enseñanza de las ciencias en los colegios y escuelas de Chile para lograr una efectiva alfabetización científica de nuestros estudiantes. Los capítulos que integran este libro han sido organizados bajo el criterio de identificación de un eje común de análisis y proposición, tanto para la enseñanza de las ciencias, como de la formación de profesores de ciencia. En la **Parte I**, el capítulo 1, corresponde a la introducción, la cual nos coloca en forma específica ante “*la formación de profesores de ciencia en el mundo*”. Su objetivo es entregar, a través de un análisis descriptivo y proyectivo sobre el funcionamiento de los programas de formación de profesores de ciencia en diferentes países del mundo, una visión que nos permita dilucidar y discutir en torno a los factores incidentes en la calidad de dicha formación. Este capítulo es desarrollado por los autores: Johanna Camacho, Javier Jiménez, Alberto Galaz y David Santibáñez. En la **Parte II**, titula-

da “*Temas claves en la formación de profesores de ciencia*” se incluyen tres capítulos relacionados con la formación de profesores de ciencias. En el capítulo 2: “*Cómo enseñar exitosamente la didáctica de la Biología*” de los autores Dirk Krüger y Annette Upmeier zu Belze, el objetivo principal fue identificar aquellas claves que permitirían asegurar una enseñanza exitosa de la didáctica de la Biología en nuestras universidades. En él los autores realizan un análisis de la base teórica necesaria para sustentar la enseñanza de esta disciplina, así como también describen ejemplos concretos de cómo aplicar esta teoría a la enseñanza de la biología en un curso de seminario dedicado a la didáctica de la Biología. Los autores Krüger y Upmeier zu Belzen, nos recuerdan que el aprendizaje de las ciencias debe verse como un proceso: activo, autoregulado, constructivo, contextualizado, colaborativo y que los profesores de ciencias deben tener la capacidad de identificar las preconcepciones de los estudiantes y tener claro que debe trabajar **con** estas preconcepciones, más que tratar de reemplazarlas por completo. En el capítulo 3: “*Desde el saber hacia la acción: la formación del profesor de ciencia y la práctica de la enseñanza*”, el profesor Helmut Fischler revisa cuáles deben ser los conocimientos y competencias necesarias para una formación de profesores de ciencias eficaz. En el texto se discute con especial énfasis sobre cuál sería la mejor forma para que los profesores en formación sean capaces de desarrollar determinadas reglas de acción en base a su formación, las que les permitan hacer frente a las innumerables decisiones que deben tomar en su práctica educativa. En el capítulo 4: “*El apoyo al futuro profesor en el contexto de la escuela: en búsqueda de la cooperación en la formación de los profesores de ciencia*” el profesor Martin Braund discute sobre las condiciones que, durante la etapa de práctica profesional en las escuelas, facilitarán las alianzas, los intercambios y el mutuo aprendizaje de profesores de ciencia en formación y los profesores colaboradores o mentores que los reciben en las escuelas. En la **Parte III**: “*Temas claves en la enseñanza de las ciencias*”, el foco central es discutir y analizar algunas metodologías, estrategias y conocimientos sobre la enseñanza de las ciencias que deben manejar los profesores de ciencia para lograr mejores aprendizajes en sus alumnos. El capítulo 5: “*El desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido para la naturaleza de la*

*ciencia y la indagación científica*” de los autores Judith Lederman y Norman Lederman, se centra en torno a la necesidad de que los profesores de ciencia tengan y sepan, como generar una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia y de la indagación científica, como prerrequisito esencial para una efectiva enseñanza de las ciencias. Esta discusión la inician desde las bases teóricas, pasando por la revisión de evidencias prácticas de cómo aplicar esta visión en la formación de profesores y finalmente presentando ejemplos concretos de cómo enseñar la naturaleza de las ciencias y de la indagación científica. El capítulo 6: “*Pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias*” del profesor Martin Braun, revisa la importancia del pensamiento crítico para la enseñanza de las ciencias, como funciona la argumentación en ciencia y los métodos a través de los cuales los profesores pueden apoyar y evaluar dicha argumentación. En este capítulo, el autor nos muestra que la argumentación en la enseñanza de las ciencias tiene la ventaja de promover, no sólo mejores aprendizajes sobre conceptos científicos, sino también permitiría comprender aspectos de la generación del conocimiento científico, lo cual llevaría de forma más eficiente al logro de la alfabetización científica de los estudiantes. Finalmente, el capítulo 7: “*Desarrollo y evaluación de actividades prácticas para la enseñanza de las ciencias*” del autor Robin Millar, analiza y proyecta la “efectividad” del trabajo práctico como un método de enseñanza y aprendizaje para la enseñanza de la ciencia. En este capítulo el autor hace hincapié en la utilización de esta metodología a partir de la indagación y de la reflexión sobre el proceso indagativo que se realiza. De esta forma él sugiere distinguir entre lo que se quiere que el alumno sepa “hacer” en el laboratorio y aquello que debería “comprender” sobre la indagación y los contenidos que allí se tratarán. Para lograr este último objetivo no basta con hacer cosas, sino también se debe guiar al alumno en el proceso de indagación y de reflexión sobre esa indagación. El distinguir estos ámbitos diferentes de efectividad, llevará a los profesores a planificar para ambos, y por lo tanto a desarrollar formas de evaluar ambos aspectos. El pasar de una aproximación práctica de “libro de cocina”, a una indagatoria y reflexiva, es el gran desafío que aquí se nos propone. Bajo el título “Debilidades y desafíos de la educación científica en Chile” la **Parte IV** de la obra, muestra

en primer lugar, los aportes de los autores Claudia Vergara y Hernán Cofré “*Debilidades en la enseñanza de las ciencias en Chile: el caso de las concepciones y prácticas de tres profesores de Biología*”. En el capítulo 8, los autores describen las concepciones sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias que poseen tres profesores de biología y el tipo de prácticas que ellos realizan. El análisis muestra que no siempre existe coincidencia entre ambos componentes (concepciones y prácticas) lo cual genera tipologías de profesores complejas. En segundo lugar, en el capítulo 9, los autores Alberto Galaz, David Santibáñez, Johanna Camacho, Javier Jiménez, Claudia Vergara y Hernán Cofré bajo el título “*Competencias para una enseñanza efectiva de las ciencias: ¿qué opinan los profesores y los formadores de profesores?*” presentan los resultados de un estudio que ha estado dirigido a develar las percepciones de los profesores de ciencias sobre cuales son las competencias más importantes para poder conseguir aprendizajes significativos. Los resultados de una investigación de carácter cuantitativo y cualitativo mostraron que los profesores le dan importancia no sólo al manejo de contenidos, sino también al manejo de la didáctica de las ciencias y el manejo de las capacidades para crear un clima de aula favorable para el aprendizaje. Por último, en el capítulo 10: “*La formación de profesores de ciencia en Chile: desarrollo, estado actual y futuros desafíos*”, los autores Hernán Cofré y Claudia Vergara analizan la evolución e identifican los momentos críticos de la formación de los profesores de ciencia en Chile. De la misma forma proyectan, a la luz de las claves del actual contexto, los futuros desafíos. Finalmente, en la **Parte V**, el capítulo 11: “*Conclusiones y futuras direcciones*”, los autores discuten con respecto a los elementos transversales identificados como imprescindibles para mejorar la formación de profesores en Chile y las prácticas de enseñanza de la ciencia, así como también proyecta las condiciones y los futuros escenarios necesarios para implementar esta nueva forma de ver la enseñanza de la ciencia en el país.

## Agradecimientos

Finalmente quisieramos expresar nuestra gratitud con aquellas personas e instituciones, que hicieron posible esta obra. En pri-

mer lugar, a las autoridades de las escuelas y liceos, a sus profesores y profesoras de ciencia que robaron tiempo a sus tareas para participar de algunos de los estudios aquí presentados. En segundo lugar a los académicos e investigadores extranjeros que generosamente compartieron su experiencia y conocimiento con nosotros y que se involucraron genuinamente en nuestra tarea por generar una propuesta de formación de profesores de ciencia que pueda responder las necesidades de nuestro sistema educativo: Annette Upmeier zu Belzen, Dirk Krüger, Helmut Fischler, Christine Otter, Martin Braund, Robin Millar, Judith Lederman y Norman Lederman. En tercer lugar, cabe agradecer a las autoridades del Ministerio de Educación, en forma particular, a las que integran el Programa MECESUP 2, por confiar en nuestro proyecto. En cuarto lugar, nuestros agradecimientos son para la Universidad Católica Silva Henríquez, institución que ha aceptado el desafío de promover nuevas lecturas sobre la formación de los profesores, contenidas en propuestas como la que en esta obra se presentan. Especialmente, quisiéramos agradecer a la Vicerrectoría Académica y la Dirección de Investigación y Postgrado que nos apoyó en términos logísticos y financieros durante el desarrollo de este proyecto y también quisiéramos agradecer a las unidades académicas a las cuales pertenecemos, en mayor o menor medida, el Departamento de Educación y muy especialmente a la Escuela de Educación Inicial, por su apoyo y comprensión. Finalmente, quisiéramos agradecer a los académicos que hicieron posible que esta contribución sea presentada íntegramente en castellano, traduciendo capítulos escritos originalmente en inglés o alemán: Bárbara Echard, David Goodman y Juan Guillermo Beiner. Este hecho hará posible que los diferentes aportes que se presentan en este libro sean accesibles a un mayor número de profesores, estudiantes de pedagogía, funcionarios de gobierno y a todos aquellos interesados en mejorar la educación científica en Chile.

Equipo Mecesup UCS0705  
*Universidad Católica Silva Henríquez*

## Referencias

- Martin, M. O., I.V.S. Mullis, E. J. Gonzalez, S. J. Chrostowski (2004) TIMSS 2003 International Science Report / by Publisher: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- MINEDUC (2006). PISA 2006: Rendimientos de estudiantes de 15 años en Ciencias, Lectura y Matemática.
- OCDE (2006). PISAT M 2006 Science Competencies for Tomorrow's World Volume 1 – Analysis.



# Parte I: Introducción



# Capítulo 1. La Formación de profesores de ciencia en el mundo: una revisión

Johanna Camacho<sup>1</sup>, Javier Jiménez<sup>2</sup>,  
Alberto Galaz<sup>3</sup> y David Santibáñez<sup>4</sup>

---

## Introducción

El S. XXI se ha caracterizado por ser un momento histórico en términos de cambios educativos. La decisión de dar un nuevo significado a la formación de profesores, dada las nuevas condiciones y los retos de lo que significa ser educador hoy, ha conllevado a un gran movimiento de reformas educativas a nivel mundial. Tal es el caso de países como Finlandia cuya reforma educativa se llevó a cabo en el año 2002 (Lavonen *et al.*, 2007); Estados Unidos, que se desarrolló entre 1996-2003 (National Committee on Science Education Standards and Assessment, National Research Council, 1996; National Science Teachers Association, 2003); Japón, en el 2004 (Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology, 2004); Corea y Canadá, en el año 2006 (Ministerio de Educación de Corea, 2006; Association of Canadian Deans of Education, 2006) y en otros países de la comunidad europea como Francia y España entre el año 2005 y 2006, respectivamente

---

1 Doctora en Ciencias de la Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile. Académica adjunta de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: jpcamach@gmail.com

2 Magister (c) en Filosofía de las Ciencias, Universidad de Santiago de Chile. Académico de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: jejimene@uc.cl

3 Doctor en Ciencias de la Educación. Académico del Departamento de Educación, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: jagalaz@uc.cl

4 Magister (c) en Educación. Universidad Alberto Hurtado. Académico adjunto de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: dpsantibanez@gmail.com

(Vega, 2006; *Real Decreto 276/2007 de 23 de Febrero*, 2007). En América latina, Argentina, Brasil, Chile y Colombia la discusión sobre los cambios educativos ha emergido durante los últimos años (Cofré & Vergara, cap 10; Olivera-Marques, Camacho & Zúñiga, 2008; Dias-Da Silva, *et al.*, 2008; Gallego, Pérez & Torres de Gallego, 2004).

Estas reformas han traído consigo no solo nuevas miradas acerca de la formación inicial de profesores, sino que también nuevos desafíos, en particular, con la manera de enseñar conocimientos centrados más, en las habilidades y destrezas necesarias para los ciudadanos de un mundo globalizado, que la mirada tradicional de una enseñanza centrada sólo en la transmisión de contenidos (Sanmartí, 2001; Abell, 2000; Pehkonen, Ahtee, Lavonen, 2007, entre otros).

Al respecto, las políticas nacionales sugieren ciertas directrices sobre los ejes de formación del profesorado. En Finlandia, por ejemplo, el Ministerio de Educación Nacional, según señala (Lavonen, 2007) determina la habilidades a promover, tales como: el conocimiento de alto nivel sobre los contenidos pedagógicos y sobre cómo se construye el conocimiento; habilidades académicas, de investigación y de uso pedagógico, como las TIC's y el desarrollo del currículo; habilidades sociales y de comunicación y habilidades de trabajo cooperativo con otros profesores.

En Alemania, el Ministerio de Educación también ofrece un listado de competencias en relación a diversos aspectos, por ejemplo; la planificación; el aprendizaje de los estudiantes, el desarrollo de la autonomía en los estudiantes, la diversidad social y cultural, la formación ética y en valores, la resolución de problemas en el aula o a escuela, la evaluación, la formación continua profesional y la realización de proyectos en contextos escolares (Cofré, 2009). Sin embargo, se percibe además la activa participación de asociaciones de académicos, en particular con la formación de profesores de Ciencias. Al respecto, la Asociación de Didactas de Alemania ha generado, según Cofré (2009), un listado de competencias específicas en relación con la didáctica de su especialidad: creatividad en el ámbito escolar; asociación de teorías y concepciones en el

ámbito investigativo de la disciplina y la evaluación; planificación de las clases fundamentada; análisis de procesos comunicativos en el aula; investigación en didáctica de la disciplina, entre otras. Otro ejemplo, de esta participación activa de académicos se observa en la National Science Teachers Association (2003) de Estados Unidos, que propone estándares en el ámbito de la naturaleza de la ciencia (visión histórico-epistemológica); el contenido científico; las habilidades y destrezas; el currículo; la investigación; las habilidades generales de enseñanza; la evaluación; la ciencia en la comunidad; la seguridad y el bienestar y el crecimiento profesional, directrices que tienen en cuenta todos los programas que forman profesores de ciencias y que además, son evaluadas a través de programas de certificación (National Science Teachers Association, 2003).

Finalmente, en el caso de Inglaterra, también se proponen estándares de formación en relación a: los atributos profesionales: relación con los niños y los jóvenes; comunicación y trabajo con otros y desarrollo profesional; Conocimiento y comprensión profesional: enseñanza y aprendizaje; evaluación y monitoreo; temas del currículo; alfabetización, aritmética y TIC's; logros y diversidad; salud y bienestar; Habilidades profesionales: planificación; enseñanza, evaluación, monitoreo y retroalimentación; trabajo colaborativo (Taylor & Wilding, 2009), los cuales son evaluados por la *Training and Development Agency* y certificados posteriormente.

Como se describió anteriormente, la formación de profesores de Ciencias es una problemática mundial, objeto de investigación y revisión constante por parte de la comunidad de educadores. Así también constituye un tema central en determinados contextos sociales y políticos de cada nación. Según el informe de McKinsey & Company (Barber & Mourshed, 2007), la calidad de los docentes tiene gran impacto en los desempeños escolares y es considerada como el principal factor explicativo de las variaciones del aprendizaje escolar. Se afirma, además, que dos de los tres factores principales que explican el éxito de los países con mejores desempeños internacionales, están relacionados con formación inicial y continua de los profesores (Barber & Mourshed, 2007).

De acuerdo a la evidencia anterior, y en el contexto de la creación de un nuevo programa de formación de profesores de ciencia en la Universidad Católica Silva Henríquez (MECESUP UCS 0705), se presenta una revisión que describe las principales características de algunos programas de formación de profesores de ciencias en distintos países en el mundo, con el objetivo de reconocer aquellas características que podrían relacionarse con la excelencia académica de los profesores.

Si bien en el informe McKinsey & Company (Barber & Mourshed, 2007), se señalan dos factores específicos (la existencia de selección previa en los postulantes para ser profesores y un desarrollo muy importante en las competencias prácticas, tanto de los estudiantes como de los profesores ya titulados), es claro que a través de una revisión exhaustiva de los programas y la literatura especializada, se pueden evidenciar otros que están relacionados con la calidad de la formación profesional de docentes en ciencias, por ejemplo:

1. La inversión del Estado en Educación.
2. Las Instituciones formadoras.
3. Admisión a los programas de pedagogía en ciencias.
4. Perfil de los profesores de Ciencias.
5. Formación teórica y práctica.
6. Prácticas Profesionales.
7. Investigación.
8. Certificación de los programas de Formación

Estos factores son desarrollados a continuación describiendo algunos casos concretos.

## **Inversión del Estado en educación**

Un aspecto que es de gran controversia, corresponde a la cantidad de dinero que invierte el Estado en la educación. Según el informe de McKinsey & Company (Barber & Mourshed, 2007), se describe que este es un aspecto que no influye en los resultados de las pruebas internacionales. Singapur es uno de los países con mejor desempeño del mundo y gasta menos en educación primaria que

27 de los 30 países de la OCDE. No obstante, se percibe que esta inversión está asociada al apoyo económico de la investigación educativa con respecto a las otras áreas. Por ejemplo, en Alemania sólo el 1% del presupuesto nacional es otorgado a esta área, lo que es bajo en comparación de otros países de la OCDE (Cofré, 2009) así como en Italia donde el presupuesto asignado es igual a 0.1% (Borghi, De Ambrosis & Mascheretti, 2000) También, se considera el estatus profesional y salarios de la profesión docente, que por ejemplo en Asia, supera al de las otras profesiones, mientras que en países de América Latina, se continúa con la disputa de encontrar un lugar digno dentro del campo profesional, haciendo inversiones en elevar el prestigio y calidad de los docentes. Finalmente, se puede decir que la mayoría de los países con buenos resultados tiene un gasto estatal mínimo enfocado en buenos salarios para los profesores, grandes facilidades para estudiar pedagogía y un presupuesto importante para realizar investigación en educación científica.

## Las instituciones formadoras

La formación de profesores de Ciencias a nivel mundial se caracteriza por estar bajo la dirección de Instituciones Educativas, Centros de Formación y Universidades reconocidas. Esta formación, además presenta varias cualidades importantes, como son: la flexibilidad, la interdisciplinariedad, apertura y calidad. En los países de la comunidad europea que firmaron el Plan Bolonia esta formación tiene un ciclo de 3 años en un ciclo común (Licenciatura) y 2 años en formación diferenciada (Master). En otros países como Japón, Inglaterra y Estados Unidos, los programas de formación tienen una duración de 4 años. También, hay programas que duran hasta 5 años, como en Canadá, Brasil y Colombia.

En cuanto a la flexibilidad, se ofrecen diferentes tipos de programas para profesores de ciencias (Guía del Curso CAP 2008-2009, 2008; Institut de France. Académie des sciences, 2007; BS in the Teaching of Chemistry, 2007; Program of Study. Middle Childhood Education (B.S.E) 2008-2009, 2008; Bedard, 2007; M.ED. (General) Program Information Master of Education Program.

2005; Taylor & Wilding, 2009; Borghi, De Ambrosis & Mascheretti, 2000; Monge & Menter, 1997). Por su parte, la formación de Licenciados en Educación tiene como ejes curriculares: el campo disciplinar, pedagógico y didáctico. También, se ofrecen especializaciones en Ciencias para el profesorado de Educación Parvularia, así como para los profesionales de otras áreas (Licenciados, Ingenieros, Médicos, etc). Para ellos se proponen programas de duración corta (1 año) o tipo Máster (2 años) donde se hace mayor énfasis al contenido pedagógico y/o didáctico.

La formación disciplinar del futuro de profesor de ciencia, puede estar a cargo de una única unidad académica, formación mixta o a través del trabajo de diferentes unidades. En el primer caso hay formación disciplinar o científica, y luego, pedagógica y didáctica. En este último caso, se recomienda un trabajo cooperativo entre las unidades académicas a fin de poder garantizar la integración de los conocimientos (Lavonen, *et al.*, 2007).

Sobre la formación en el campo de las ciencias, existe una gran tendencia orientada a concebirla dentro de una sola disciplina científica (Ciencias Naturales, Biología, Química, Geología o Física). Sin embargo, también se ofrecen programas que puede ser interdisciplinarios y donde se pueden tener hasta dos especialidades (Biología y Química; Química y Física; Física y Matemáticas; etc) o también obtener primero una formación general en ciencias y luego una especialización en un área disciplinar específica. Además, se presentan programas interdisciplinarios que relacionan las áreas científicas con otras áreas de humanidades como: artes, lengua extranjera; diseño, historia, entre otras, aunque estos son más escasos y sólo se observan en Alemania (Cofré, 2009).

## **Admisión a los programas de pedagogía en ciencias**

Según el informe de McKinsey & Company (2007), los sistemas con los mejores desempeños en la prueba PISA (2006) son Corea, Finlandia, Singapur y Hong-Kong. Una característica común a sus programas de educación ha sido que el proceso de selección es riguroso. A través, de diferentes estrategias, se busca que sólo ingresen a la formación pedagógica las personas interesadas por este campo

(de hecho solo logran ingresar entre el 5 y el 30% de los mejores estudiantes). En otros países, como por ejemplo Chile, el proceso es bastante diferente, porque el 96% de los jóvenes que postulan son los que en definitiva ingresan a esta formación. Muchos de ellos poseen desempeños por debajo del promedio nacional.

En otros países europeos, como por ejemplo Francia, la admisión al programa de educación consiste en un proceso de aproximadamente un año (Université de Paris IV, 2008). Dentro de este proceso, el aspirante a profesor entrega además de sus antecedentes personales, un diploma de estudios previos (universitarios generales, universitario tecnológico o estudios técnico superior) y un dossier de pre-inscripción. Asimismo, debe rendir varios exámenes de ingreso, asociados a la sensibilización con el oficio. Una vez terminado este proceso, los aspirantes participan de un concurso de reclutamiento de profesores de escuela (CRPE) e ingresan a los programas de formación de profesores.

## **Perfil de los profesores de Ciencias**

En general, el perfil apunta hacia el profesor investigador, por ello la formación teórica-práctica es bastante relevante, es decir, se busca establecer qué sabe hacer el profesor, cómo lo hace y cómo lo regula. El conocimiento teórico pedagógico que se promueve es bastante restringido, privilegiando la formación didáctica. También, se evidencia un consenso general en el desarrollo de habilidades que le permitan al profesor tener un buen desempeño sobre la formación centrada en los contenidos. Las habilidades se pueden distinguir entre el desarrollo personal, el desarrollo social y comunicativo y el desarrollo profesional (Tabla 1).

## **Formación Teórica y práctica**

En cuanto a la formación teórica y práctica de los programas, las opciones son variadas. Sin embargo, dos aspectos destacables en algunas de estas propuestas son.

1. La especialización y formación en área relacionadas con la di-

- dáctica de las ciencias del educador de educadores, es decir, del cuerpo docente de las instituciones formadoras, quienes además de poseer un título de postgrado (Máster y/o Doctor) realizan investigación en Educación Científica, aspecto que se destaca en países como España, (Mendoza Rodríguez, 2008).
2. La propuesta de cursos ofrecidos por los programas esta dentro de los campos de investigación de los académicos, donde se desarrollan diferentes tipos de actividades a través de metodologías que impulsan la investigación de los estudiantes, tanto para su formación teórica, como práctica. Esto se puede evidencia en algunos países como por ejemplo en Finlandia (Lavonen, *et al.*, 2007).

Una característica común en la mayoría de los programas de formación de profesores en ciencias, según la revisión elaborada, es la fundamentación de estos dentro de la educación científica, más que en la educación en general (Association of Canadian Deans of Education, 2006; Lavonen, *et al.*, 2007, National Science Teachers Association, 2003). Es decir, que se privilegian los cursos que constituyen la reflexión sobre la teoría y práctica de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de la educación en ciencias, más que la educación general o formación pedagógica.

Tabla 1. Perfil de Profesores de Ciencias en diferentes países.

PAÍS	DESARROLLO PERSONAL	DESARROLLO PROFESIONAL	DESARROLLO SOCIAL Y COMUNICATIVO	FUENTE
ALEMANIA		Capaz de transmitir conocimientos	Usar la ciencia en la vida cotidiana	Cofré 2009
CANADA		Apoyar y fomentar la investigación en cursos sobre la formación de profesores en Canadá	el desarrollo de una profesión docente inicial y continua	Association of Canadian Deans of Education (2006)
COREA	Desarrollo de habilidades básicas para todos, promover autonomía	Profesor investigador en la práctica		Cho, Y. (2006)

ESTADOS UNIDOS	Desarrollo físico, cognitivo, conductual y social	Desarrollo de conocimientos especializados en los principales ámbitos de la enseñanza de las ciencias	Habilidades comunicativas necesarias para los profesionales de la educación	National Science Teachers Association (2003)
FINLANDIA	Habilidades académicas, de investigación y TIC's, formación ética y en valores	Alto nivel en la disciplina y en el conocimiento pedagógico de esta y en la NOS- HPS*	Comunicación, trabajo cooperativo conocimiento sobre la escuela como institución	Lavonen, Krzywacki-Vainio, Akela, Krokfors, Oikkonen & Saarikko (2007)
FRANCIA	Actuar de forma ética y responsable, TIC's, trabajo en equipo y formarse e innovar	Apropiarse de las disciplinas, organizar el trabajo, desarrollar su enseñanza	Utilizar la lengua materna y considerar la diversidad	Vega (2006).
JAPÓN		Desarrollar en los estudiantes de pedagogía capacidades precisas, en relación al conocimiento y la pedagogía		Sarkar Arani Mohammad Reza & Masami Matoba (2006)

Por otro lado, un buen rendimiento de los estudiantes en formación inicial docente, parece estar relacionado con el número de inscritos por curso. En general, se sugiere que los cursos estén integrados por un número menor a 30 estudiantes. Así se propone en Francia (Institut de France. Académie des sciences, 2007) En otros países, la restricción es mayor y sólo acepta 20 estudiantes por sección, este es el caso de Alemania (Cofré, 2009) y se trata de una decisión argumentada en la capacidad de hacer una regulación y seguimiento más exhaustivo y significativo al futuro profesor, así como de facilitar, la identificación de dificultades en su formación, sí es el caso.

\* NOS Naturaleza de la Ciencia – HPS Historia y Filosofía de la Ciencia

En este aspecto también es relevante considerar que el número de estudiantes que dirige el supervisor de práctica, no puede ser superior a 3, como se propone en Alemania o no mayor a 10 como ocurre en Inglaterra. El propósito de este número es conseguir un mayor enfoque acerca de cómo se está llevando a cabo los procesos de formación y de desarrollo del futuro profesor (Cofré, 2009; Taylor & Wilding, 2009).

La estructura de los cursos es variada, algunos consideran la conformación de módulos temáticos en relación a las materias de la especialidad y/o la enseñanza a través de cursos semestrales o anuales. La distribución de los cursos en los programas de los diferentes países, según los ejes de formación mencionados anteriormente, se sitúan aproximadamente entre un 50% de los cursos de tiempo dedicado a los que tienen que ver con la formación teórica (disciplinar y pedagógica) y práctica profesional y el otro 50% restante, se distribuye entre las didácticas específicas y la profundización en temáticas curriculares de la propia especialidad o disciplina.

Las metodologías de los cursos, en los diferentes países analizados, están orientadas hacia la investigación (Taylor & Wilding, 2009; Hidalgo & González, 2008; Lavonen, *et al.*, 2007; Dumas-Caré, Furió Mas & Garret, 1990; Sarkar *et al.*, 2006). También se identifican estrategias que incentivan el protagonismo del estudiantado, es decir enmarcadas dentro de una visión constructivista del aprendizaje y del desarrollo de los estudiantes hacia el aprende a aprender. Se estimula, además, la autoformación, la autonomía, la realización de proyectos, la evaluación de materiales, clases, unidades didácticas entre otras, que faciliten el desarrollo de las diferentes habilidades profesionales.

Dentro de las metodologías interesantes de citar, estána aquella que se usan en Corea dentro de los cursos de Metodología de la investigación y en donde los estudiantes realizan estudios de teorías y de tendencias recientes en investigaciones, evaluación comparativa, análisis de resultados de pruebas internacionales (como TIMSS, PISA), entre otras (Leung & Park, 2002).

En Finlandia y Francia, las metodologías están orientadas hacia la revisión de literatura especializada en educación científica, la elaboración de ensayos, la realización de actividades prácticas, clases con proyectos de investigación y trabajo de laboratorio, observación de clases (directa o a través de videos). Sin embargo, en Finlandia se sugieren además, metodologías en relación con la elaboración de portafolios sobre el conocimiento teórico y trabajo práctico, la evaluación y reflexión de lecturas y seminarios, artículos, referencias de libros, además de la realización de pequeñas investigaciones con bases de datos recolectadas durante las prácticas (Université de Paris IV, 2008; Lavonen, *et al.*, 2007).

En España, además se sugiere la identificación de problemas de aprendizaje relevantes, el análisis didáctico de los contenidos curriculares; el análisis crítico de materiales curriculares y propuesta de modificaciones para el uso en el aula, el diseño de actividades y la utilización de diferentes fenómenos, así como, el diseño de unidades didácticas (Guía del Curso CAP 2008-2009, 2008; Mendoza- Rodríguez, 2008).

Además de estas metodologías, en Inglaterra se proponen actividades que permitan al estudiante ampliar su campo de acción en relación a campos más específicos de su especialización (Taylor & Wilding, 2009). Es decir, no sólo se trata de actividades para desarrollar en el aula, sino además para el desarrollo curricular y la evaluación dentro de sus campos de especialización. En Finlandia, también se considera el trabajo de campo relacionado con la educación ambiental y la investigación en el campo disciplinar, como una manera de relacionar los conocimientos científicos con la industria o la sociedad en general (Lavonen, *et al.*, 2007).

Finalmente, se señala también el uso de metodologías prácticas en ambientes controlados, es decir, en lugar que los futuros docentes vayan a la escuela, se llevan a los estudiantes a la universidad, realizando experimentos científicos u otras actividades de divulgación científica, las cuales, posteriormente, son objeto de estudio y análisis desde una perspectiva educativa (Borghini, De Ambrosio, & Mascheretti, 2000, Cofré 2009).

## Prácticas Profesionales

En cuanto a las prácticas profesionales, si bien existe consenso sobre considerarlas muy relevantes para la formación de profesores, hay diferentes puntos de vista y de acuerdo con la duración del programa se le da una determinada carga académica (Cofré, *et al.*, en revisión). Por lo general, se proponen tres momentos:

- a. Introducción al contexto, con el propósito de conocer qué hace el profesor de ciencias en el aula.
- b. Observación. En algunos casos puede ser participativa o no. El objetivo de este segundo momento consiste en conocer no sólo el aula de ciencias, sino además el contexto de la institución escolar.
- c. Participación. En la cual el futuro profesor tiene la oportunidad de hacerse cargo de un grupo de estudiantes y planificar, gestionar y evaluar el proceso educativo específico. En algunos casos se sugiere que esta práctica sea también un espacio para la reflexión e investigación del profesor de ciencias novel, acompañándose con un Seminario Educacional como proponen los programas de Estados Unidos.

En otros países como: Alemania, Canadá, España, Finlandia y Francia, sólo se sugieren las prácticas de observación y participación. En Alemania tienen una duración de aproximadamente 10 semanas, existiendo una primera práctica de observación y posteriormente, dos prácticas de participación donde el estudiante es responsable de un curso cada 1 – 4 semanas. En España, las prácticas son de tipo convencional y se desarrollan al final de la carrera, en algunos casos se integran profesores de primaria con profesores de secundaria (Vega, 2006). En Francia, además del desarrollo de las prácticas convencionales que se realizan durante el segundo y quinto año, respectivamente, también se ofrece la oportunidad de realizar actividades en instituciones científicas como museos y academias de ciencias (Institut de France. Académie des sciences, 2007). En el caso de Inglaterra, las prácticas se pueden desarrollar durante todos los cursos y en diferentes escuelas cada año, de forma que al final de la carrera, los futuros profesores han pasado, por lo menos, por cuatro centros distintos.

Durante su estancia en estas instituciones educativas, los futuros profesores deben realizar una pequeña investigación (tipo proyecto) en una de las escuelas. La duración de estas prácticas es igual a un período entre 18 y 32 semanas, durante los cuatro años de la carrera. No obstante, la forma más común de realizar la práctica es a través de todo el año que dura la formación pedagógica. La mayoría de los profesores de ciencia en Inglaterra se forman con un bachillerato de tres años en una ciencia particular al inicio, para luego pasar un año dedicado esencialmente a la formación didáctica o de enseñanza de las ciencias y la experiencia en las escuelas (Cofré, 2009).

## Investigación

Como se había mencionado anteriormente, a la formación de profesores de ciencias es considerada en los diferentes países en relación al desarrollo de la investigación, en particular referida a la educación científica. Esto se desarrolla a través de diferentes opciones como son: la realización de pequeñas investigaciones como estrategias metodológicas en los cursos; la participación en cursos fundamentados en los campos de investigación de los docentes; la incorporación del estudiantado en las investigaciones que realizan los académicos de las diferentes instituciones, así como la realización de investigaciones en relación con las prácticas profesionales. Las líneas de investigación propuestas están asociadas a cómo se enseña o cómo enseñar ciencias; cómo aprenden o cómo aprender ciencias, cómo se evalúa o cómo evaluar, así como otras líneas enfocadas a las concepciones de los estudiantes sobre el conocimiento científico, sobre las ciencias y sobre los diferentes conceptos científicos, entre otras. Es decir, existe un interés explícito en que los estudiantes que se forman como profesores de ciencias desarrollen investigaciones, estudios y proyectos reales, de tal manera que se constituyan en profesores reflexivos de su propio quehacer, que investiguen sobre su propio trabajo, que puedan formular problemas, evaluar información, datos y conclusiones (Lavonen, *et al.*, 2007).

Por tanto, en la mayoría de los programas de formación de profesores de ciencias, se evidencia la realización de una tesis obligatoria al final de la carrera (será además un requisito para la graduación). En algunos casos, por ejemplo Corea, la tesis se realiza como promoción del conocimiento y como una herramienta de desarrollo tecnológico (Park, 2004). En otros, como Francia, esta tesis debe ser además defendida y debe ser producto de la reflexión de su práctica (Institut de France. Académie des sciences, 2007). Algo similar ocurre en Canadá, donde esta tesis consigna además de las reflexiones sobre la práctica, la elaboración de análisis y sobre las clases observadas, la realización de investigaciones en enseñanza de las ciencias, como fundamento teórico de la propuesta (OISE Initial Teacher Education Calendar 2008-2009, 2008).

A diferencia de estas propuestas, en Finlandia se sugiere la realización de una tesis como una investigación aplicada, la cual puede estar en Educación Científica o en investigación a nivel industrial o de algún sector diferente al de la escuela pero influenciado bajo la línea de Ciencia, Tecnología y Sociedad (Fensham, 1990; Lavonen, *et al.*, 2007).

En países que cuentan con estándares como el caso de Estados Unidos, las tesis deben estar relacionadas con estos y además, son los miembros de las asociaciones académicas, National Science Teacher Association (National Science Teachers Association, 2003) y la Asociación Canadiense de Decanos de Educación (ACDE), en Canadá, quienes respectivamente aprueban dichas investigaciones (Bedard, 2007).

## **Certificación**

Por último, se señala un aspecto bastante relevante, propuesto en casi todos los países analizados. Se trata de la certificación que deben recibir los profesores para poder ingresar y posteriormente, continuar en el sistema educativo (Université de Paris IV, 2008; Información CAP 2008- 2009, 2008; About the GACE, 2008; National Committee on Science Education Standards and Assessment, National Research Council, 1996); OISE Initial Teacher Education Calendar 2008-2009, 2008; Taylor & Wilding, 2009; Leung &

Park, 2002; Lavonen, *et al.*, 2007).

Generalmente, esta certificación se otorga en cualquier caso, es decir, a quienes egresen de un programa de Licenciatura de Educación o de otra especialidad o quienes realicen y aprueban estudios de postgrado, en forma particular la Maestría. Siempre y cuando tengan la intención de ser profesores, bien sea de instituciones públicas o privadas y en cualquiera de los niveles educativos.

Las instituciones que se encargan de esta certificación, varían según las políticas de cada país, Estado y a nivel de las propias instituciones formadoras. Para ello existen exámenes específicos que evalúan los conocimientos pedagógicos y disciplinares. En Corea este examen recibe el nombre de *Teacher Employment Test* (TET) y se realiza una vez terminada la carrera profesional y que se desee ingresar al sistema educativo (Cho, 2006). En Canadá, el este examen lo imparte el Colegio de Profesores de cada Estado o las instituciones universitarias reconocidas, como ocurre, por ejemplo, en la Universidad British Columbia (Course Descriptions - Science Education –SCED (s.f). En Estados Unidos esta certificación es otorgada por la National Science Teachers Association. Además de evaluar los conocimientos, esta considera fuertemente la alfabetización científica, la comunicación y los estándares propuestos oficialmente.

En Inglaterra el proceso de certificación es más flexible. Los aspirantes a ejercer su actividad como profesor y con estudios académicos en el área, presentan el examen cualificado QTS (*Qualified Teacher Status*) que les habilita para enseñar (Quality Assurance Agency for Higher Education, 2009).

## Comentarios Finales

El análisis de los programas de formación inicial, evidencia que mundialmente existe un fuerte movimiento de cambios y transformaciones que conllevan a resignificar la formación de los profesores de Ciencias. La tendencia es que ellos no sólo buscan garantizar la enseñanza de determinados conocimientos, más bien apuntan al desarrollo de un profesional autónomo, reflexivo e investigador de su propio quehacer.

En algunos casos, son los Ministerios de Educación quienes impulsan y proponen las directrices nacionales, aunque en algunos casos, también se observa la participación de las comunidades académicas.

Si bien el contexto social y económico de cada uno de los países descritos es particular, se evidencia que existen intereses comunes asociados a la mejora de la calidad en la formación docente, tales como, el desarrollo de investigación en educación científica. Esto último, a pesar de considerar el escaso financiamiento estatal dado a la investigación en este campo.

El perfil de los académicos formadores de profesores de ciencia es la de un especialista en Enseñanza de las Ciencias o Educación Científica, debe poseer un postgrado (Magíster y/o Doctorado), y debe tener experiencia en investigación y ejecución de proyectos.

Por su parte, se propone que la estructura de los programas de formación sea flexible, pero de alta calidad, es por ello que se encargan a instituciones especializadas y con reconocimiento. Al respecto, se opta en términos generales por una formación profesional que puede conducir al título de Licenciado o Magíster (con una duración entre 4-5 años). Los ejes estructurantes de los programas de formación son los componentes pedagógicos, didácticos y disciplinares, aunque se tiende a dar mayor proporción en el currículo a las dos últimas áreas. Es importante resaltar el importante interés de una formación específica en el campo de acción del futuro profesor de ciencia, es decir, en enseñanza e investigación de las ciencias, para lo cual, los cursos se orientarán en su mayoría a desarrollar habilidades cognitivas, lingüísticas e instrumentales propias de un profesor de biología, química, física, geología o ciencias naturales, proponiendo metodologías de corte más constructivista donde el estudiante no sólo aprenda los conocimientos a enseñar, sino que además, desarrolle habilidades necesarias para poder autorregularse y aprender a aprender acerca de su profesión.

La certificación y la evaluación de los programas como instrumentos de seguimiento y monitoreo, son aspectos que se resal-

tan particularmente en los países con mejor desempeño en las pruebas internacionales, como por ejemplo Finlandia (Lavonen, *et al.*, 2007). Es importante que estos procesos se entiendan como estrategias de identificación de necesidades de los estudiantes durante su proceso de formación y como una forma de evaluación constante del perfil docente que se propone.

En cuanto a los aspectos citados por el informe de McKinsey & Company (2007), esta revisión sugiere que el ingreso de los mejores alumnos al campo de educación y la implementación de procesos de selección más rigurosos y selectivos, aún es un punto de discusión en América Latina. Por otra parte, es posible establecer, al menos para Chile, que el estatus profesional del profesor aun no es atractivo para los que desean ingresar a la educación superior.

En cuanto al desarrollo de competencias prácticas no hay suficiente claridad a nivel general. Al respecto, las prácticas profesionales se sitúan en diferentes espacios de la carrera y con diferentes fines. No obstante, está claro que las prácticas iniciales tienen un rol protagónico para que el estudiante conozca qué significa y qué hace un profesor de ciencias. En estos casos, se sugiere que estas prácticas tengan lugar al menos durante el primer año de formación. Por su parte, las prácticas intermedias, establecen un acercamiento con el contexto escolar y los estudiantes. Las últimas prácticas, invitan al futuro profesor a mayores responsabilidades sobre la enseñanza.

Es importante señalar que las prácticas deben estar orientadas por un especialista en el área, a fin de lograr su optimización. Deben contar con un seguimiento exhaustivo, donde el futuro profesor sienta que participa en un espacio más de formación profesional. Al respecto, la propuesta de Inglaterra es bastante interesante, ya que otorga a los futuros profesores la oportunidad de no sólo ir a la escuela, sino que de reflexionar sistemáticamente sobre la práctica y en cualquiera de los tres momentos, (inicial, intermedia, final). En Finlandia y Corea, las prácticas se realizan en los laboratorios de educación científica, en los cuales los futuros profesores pueden levantar problemas de investigación acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el aula.

En resumen, se puede decir que la formación de profesores de ciencia en el mundo ha tomado un rumbo hacia un profesor investigador reflexivo, que es capaz de evaluar su propia práctica e investigar diferentes formas para mejorarla. Esto se logra a través de una experiencia práctica significativa, asociada a cursos universitarios de gran calidad enfocados en el conocimiento de la enseñanza de las ciencias y la investigación actual en esta área.

## Referencias

- Abell, S. (2000). *Science Teacher Education. An International Perspective*. Dordrecht:Kluwer Academic.
- Abell, S. (2008). Research on Science Teacher Knowledge. (pp.1105-1149). En: Abell & Lederman (Ed.), *Handbook of Research on Science Education*. New York: Routledge.
- About the GACE (2008). Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio GACE: [http://www.gace.nesinc.com/GA3\\_overview.asp](http://www.gace.nesinc.com/GA3_overview.asp)
- Association of Canadian Deans of Education (2006). *Accord on Initial Teacher Education*. Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio Web de la Asociación Canadiense de Decanos de Educación: <http://www.csse.ca/ACDE/TeacherAccord.pdf>
- Barber, M & M. Mourshed (2007). How the World's Best-Performing School Come Out On Top. McKinsey & Company, Social Sector Office. Obtenido de: [http://www.mckinsey.com/client-service/social-sector/resources/pdf/Worlds\\_School\\_Systems\\_Final.pdf](http://www.mckinsey.com/client-service/social-sector/resources/pdf/Worlds_School_Systems_Final.pdf)
- Bedard, G. (2007). The Nature of Educational Research. Curso para la obtención del Master General de Educación. Universidad de Lethbridge
- Borghi, L., De Ambrosis, A. & Mascheretti, P. (2000). Reform in Science Teacher Education in Italy. The case of physics. (pp. 31 – 43) En: S. Abell (Ed.), *Science Teacher Education. An International Perspective*. Dordrecht:Kluwer Academic.
- BS in the Teaching of Chemistry. (2007). Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio de College of Education of the University of Illinois: [http://www.chem.uic.edu/WWW/undergraduate/docs/BS\\_Teach\\_Chem.pdf](http://www.chem.uic.edu/WWW/undergraduate/docs/BS_Teach_Chem.pdf)
- Cofré, H. (2009). *Informe de visita a centros de excelencia en la Enseñanza de las Ciencias en Europa*. Documento interno presentado a la Direc-

- ción de Postgrado DIPOS. Santiago. Universidad Católica Silva Henríquez.
- Cofré, H, Noguera, M.I. Silva, A. & Vergara, C. La formación de profesores: Una revisión de las tendencias actuales para tomar en cuenta en la formación de Profesores en Chile (en revisión).
- Cofré, H. & Vergara, C. La Formación de Profesores de Ciencias en Chile: desarrollo, estado actual y futuros desafíos. En: Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile. (en prensa).
- Course Descriptions - Science Education –SCED* (s.f). Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio Web Departamento de Estudios Curriculares, la Universidad de British Columbia: [http://edcp.educ.ubc.ca/programs/\\_sced/courseDescriptions.html](http://edcp.educ.ubc.ca/programs/_sced/courseDescriptions.html)
- Cho, Y. (2006) *Innovations in Teacher Education: The Development of Korean Education through a New System for Colleges of Education*. Presentación publicada por la Universidad de Seúl, Corea
- Real Decreto 276/2007 de 23 de Febrero. (2007). *BOE 53 (2)* 8915- 8938. Recuperado el 22 de enero de 2009, de <http://cursosonline.anpeasturias.com/info/comillas/valoracion%20formacion%20RD%20276%20BOE.pdf>
- Dias-Da Silva, M. H. G. F. *et al.* (2008). A reestruturação da Licenciaturas: alguns princípios, propostas e (pré) condições institucionais. *Rev. Diálogo Educ*: Curitiba, 8: 15-37.
- Dumas-Caré, A., Furió Mas, C., & Garret, R. (1990). Formación inicial del profesorado de ciencias en Francia, Inglaterra y Gales y España. Análisis de la organización de los estudios y nuevas tendencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3) [Disponible en <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51337/93085> ]
- Fensham, P. J. (1990). What Hill science education do about technology? *Australian Science Teachers Journal*, 36: 8-21.
- Fifth Year Program (2008). Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio de Lynch School of Education del Boston Collage: [http://www.bc.edu/schools/lsoe/gradadmission/fifth\\_year.html](http://www.bc.edu/schools/lsoe/gradadmission/fifth_year.html)
- Gallego, R., Pérez, R. & Torres de Gallego, L. (2004). Formación Inicial de Profesores de Ciencias en Colombia: Un estudio a partir de Programas Acreditados. *Ciência & Educação*, 10: 219-234.
- Guía del Curso CAP 2008 – 2009. (2008). Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio Web del Instituto de Ciencias de la Educación Universidad Complutense de Madrid: <http://www.ucm.es/info/ucmp/cont/descargas/documento22995.pdf>.

- Hidalgo, A. & González, J. (2008). Didáctica de las Ciencias Experimentales. Curso de Aptitud Pedagógica. Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Alcalá. Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio Web <http://www.ice.ucm.es>.
- Información del CAP2008-2009. (2008). Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio Web del Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Barcelona: <http://www.ub.edu/ice/cap/DOS-SIER%202008-09.pdf>
- Institut de France. Académie des sciences (2007). La formation des professeurs à l'enseignement des sciences.
- Lavonen, J., Krzywacki-Vainio, H., Akela, M., Krokfors, L., Oikkonen, J., & Saarikko, H. (2007). Pre-service teacher education in chemistry, mathematics and physics. En: Pehkonen, Ahtee, Lavonen (Eds). *How Finns Learn Mathematics and Science*. (pp. 49-67). Finland: Sense Publishers.
- Leung, F. & Park K. (2002). Competent students, competent teachers? *International Journal of Educational Research*, 37: 113-129.
- M.ED. (General) Program Information Master of Education Program. (2005). Recuperado el 15 de diciembre de 2009, del sitio Web de la Facultad de Educación, Universidad de Lethbridge: <http://www.uleth.ca/edu/documents/uploads/M.%20Ed.%20Gen%20Program%20Info.pdf>
- MECESUP UCS 0705. (2009). *Diseño de una nueva Carrera de Pedagogía en Ciencias*. Santiago de Chile: Universidad Silva Henríquez.
- Mendoza-Rodríguez, J. (2008). Seminario de Didáctica da Física E Química. Curso para a obtención do CAP 2008-2009. Instituto de Ciencias de Educación. Universidad de Santiago de Compostela: [http://www.usc.es/ice/cap/programas/did\\_especif/did\\_fisic\\_quimic.pdf](http://www.usc.es/ice/cap/programas/did_especif/did_fisic_quimic.pdf)
- Ministerio de Educación de Corea. (2006) *Education in Korea*. Presentación publicada en el sitio del Ministerio de Educación, Corea.
- Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology (2004) <http://www.mext.go.jp/english/>
- Monge Miguel, J. J. & Menter, I. (1997). Formación inicial de los maestros en España e Inglaterra. Análisis comparativo de los planes de estudio de las universidades de Cantabria y del Este de Inglaterra of England. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1: 20- 38.

- National Committee on Science Education Standards and Assessment, National Research Council. (1996). *National Science Education Standard*. National Academy Press: Washington, D.C.
- National Science Teachers Association (2003). *Standard of Science Teacher Preparation*. Recuperado el 3 de marzo de 2009, del sitio de National Science Teachers Association: <http://www.nsta.org/pdfs/NSTASTandards2003.pdf>
- OISE Initial Teacher Education Calendar 2008 – 2009. (2008). Recuperado el 28 de enero de 2009, del sitio Web del Instituto para los Estudios en Educación de Ontario (OISE), Universidad de Toronto: <http://ro.oise.utoronto.ca/Calendar.pdf>
- Olivera-Marques, C.; Camacho, J. & Zuñiga, O. (2008). Formación de Profesores de Química en Latinoamérica. Un estudio desde algunos casos en Brasil, Colombia y Chile. Congreso Iberoamericano de Química. XXIV Congreso Peruano de Química., Cusco, Perú.
- Park, K. (2004). Factors contributing to Korean students' high achievement in mathematics. En H. Lew (Director), *The Report on mathematics education in Korea*. Presentación nacional de la reunión de la 10ª Conferencia Internacional de Educación Matemática, Copenhagen, Dinamarca.
- Pehkonen, Ahtee, & Lavonen (2007). *How Finns Learn Mathematics and Science*. Finland: Sense Publishers.
- Program of Study: Middle Childhood Education (B.S.E) 2008-2009. (2008). Recuperado el 26 de febrero de 2009, del sitio Web del College de Educación de la Universidad de Georgia: <http://msit.gsu.edu/3289.html>
- Quality Assurance Agency for Higher Education, 2009 <http://www.qaa.ac.uk/default.asp>
- Real Decreto 276/2007 de 23 de Febrero. (2007). *BOE* 53 (2) 8915- 8938. Recuperado el 22 de enero de 2009, de <http://cursosonline.anpeasturias.com/info/comillas/valoracion%20formacion%20RD%20276%20BOE.pdf>
- Sanmartí, N. (2001). Enseñar a enseñar ciencias en secundaria: Un reto muy completo. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40: 31-48.
- Sarkar A., M. Reza & M. Matoba (2006). *Challenges in Japanese Teachers' Professional Development: A Focus on An Alternative Perspective*, In: *Comparative Education in Teacher Training*, Vol.4, Edited by N. Popov, C. Wolhuter, C. Heller & M. Kysilka, Bulgarian Com-

parative Education Society & Bureau for Educational Services, pp.107-115.

Taylor, P. and Wilding, D. (2009). Rethinking the values of the higher education-the students as collaborator and producer? Undergruate research as a case study. Quality Assurance Agency for Higher Education: <http://www.qaa.ac.uk/students/studentEngagement/Undergraduate.pdf>

Université de Paris IV. (2008). Preparation aux concours de professeur des lycées et collèges et de conseiller principal d'éducation.

Vega, L. (2006). Formación y carácter universitario de los Institutos Universitarios de Formación de Profesores (IUFM) en Francia. *Revista de Educación*, 341: 881-897.

## **Parte II: Temas Claves en la Formación de profesores de Ciencia**



# Capítulo 2. Cómo enseñar la Didáctica de la Biología exitosamente

Dirk Krüger<sup>5</sup> y Annette Upmeier zu Belzen<sup>6</sup>

---

## Introducción

Este capítulo entrega indicaciones para el establecimiento de uno de los procedimientos introductorios para la enseñanza en el campo de la Didáctica de la Biología, en vista del impulso que ha recibido el desarrollo de la formación de profesores en el área de las ciencias naturales en Chile, que debería estandarizar la formación en universidades e implementarse hacia un nuevo programa de estudios mediante ayuda estatal. Además de describir brevemente el campo de trabajo de la didáctica de la biología, se diseñarán fundamentos teóricos a partir de propuestas concretas para una formación actual en el área de obtención de conocimientos durante la clase de biología. De este modo, una parte, que debería profundizarse en un seminario de fundamentos de la Didáctica de la Biología, se explicará mediante bases teóricas e indicaciones metodológicas para la enseñanza universitaria. La Didáctica de la Biología, como ciencia dedicada a la investigación de la educación, se considerará como un fundamento indispensable para la enseñanza universitaria basada en la investigación.

Las universidades en Berlín realizan una introducción a la Didáctica de la Biología mediante la combinación de una cátedra y un seminario presencial. Tiene un semestre de duración y los temas se abordan semanalmente, en el siguiente orden: *¿Qué es la Didáctica*

---

5 Dr. en Educación Científica. Profesor de Didáctica de la Biología, Freie Universität Berlin. E-mail: dirk.krueger@fu-berlin.de

6 Dra. en Educación Científica. Profesora de Didáctica de la Biología, Humboldt Universität, Berlín. E-mail: annette.upmeier@biologie.hu-berlin.de

*de la Biología? – Objetivos de la clase, competencias; elementos de planificación de la clase de biología – Metodología de la clase – Trabajar con las ideas de los estudiantes – Temas interdisciplinarios de la clase de biología – Clasificar y comparar – Uso del microscopio – Realización de experimentos – Uso de diagramas – Uso de medios en la clase de biología – Modelos en la clase de biología – Seres vivos en la clase de biología – Evaluación del rendimiento de los estudiantes – Historia de la clase de biología* (véase Gropengießer & Kattmann, 2006). A continuación, se profundizarán los temas *Trabajar con las ideas de los estudiantes, Clasificar y comparar, Uso del microscopio, Realización de experimentos y Modelos en la clase de biología* y se explicará qué contenidos se deben tematizar, a qué fundamentos teóricos se debe recurrir y qué ejercicios deben proponerse para reflejar los aspectos estudiados de la Didáctica de la Biología. En primer lugar, se presentará la base teórica de la enseñanza para el análisis de la Didáctica de la Biología en la cátedra y el seminario. Durante las presentaciones del seminario de 90 minutos, los participantes se turnarán y proporcionarán aspectos de la Didáctica de la Biología a sus compañeros, durante 45 minutos. Esto se hace con la exigencia de crear ambientes constructivistas de aprendizaje. Los 45 minutos restantes se emplearán para reflexionar sobre los métodos utilizados, el cumplimiento de los objetivos o el desempeño de los participantes que se han unido al seminario. Para esto, se pondrá énfasis en los aspectos fundamentales para la adopción del rol de educador, que más tarde guiarán la práctica de la clase.

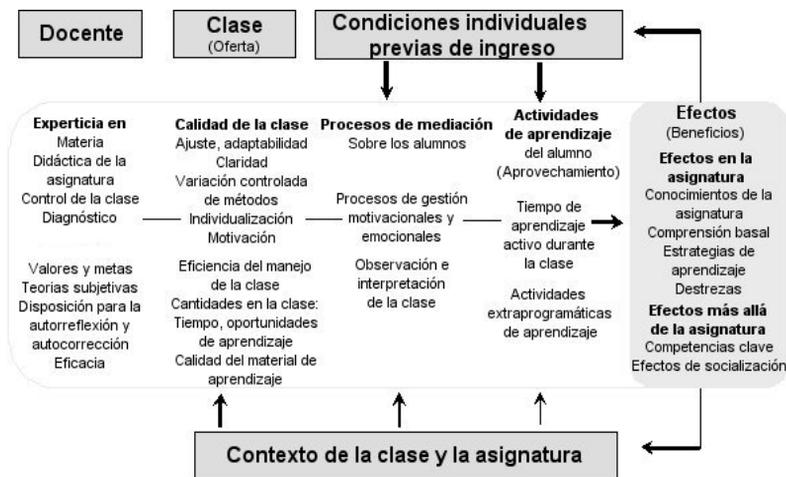
## **Tareas de la Didáctica de la Biología**

La Didáctica de la Biología es la ciencia de gestión que se dedica al aprendizaje y enseñanza de la biología. Sin embargo, la clase de biología no es el único campo de acción de la Didáctica de la Biología. Cada vez se incluyen más lugares extraescolares e informales de aprendizaje. En este contexto, el término gestión significa “acercar” la biología a los estudiantes, así como “relacionar” el conocimiento de la asignatura con los estudiantes, su mundo, conocimientos previos, conceptos, intereses, disposiciones y principios. La tarea de la gestión requiere que la Didáctica de la Biolo-

gía actúe como un puente entre la biología como asignatura y las ciencias de la educación. La Didáctica de la Biología considera a la biología desde la perspectiva de la transmisión de conocimientos. Para esto, actúa desde la biología y elabora afirmaciones sobre la biología: las teorías cognitivas y científicas, junto con la historia de la biología, son aquí las metadisciplinas.

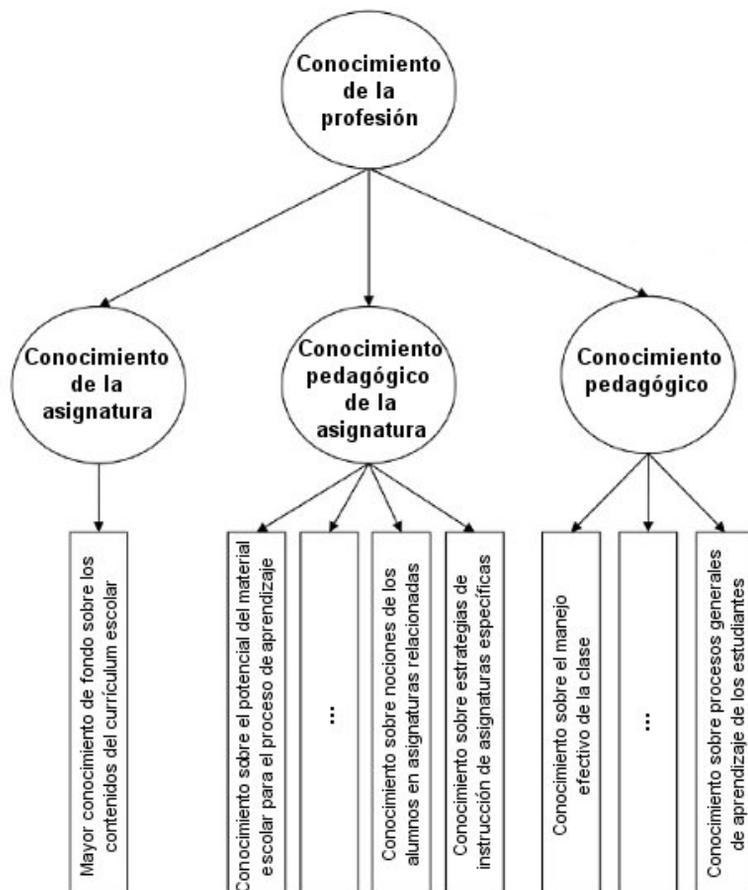
En las últimas décadas, la Didáctica de la Biología se ha transformado en una disciplina empírica que se ocupa, entre otros, de las últimas aceptaciones teóricas enfocadas a la oferta docente, el profesionalismo del cuerpo docente, las condiciones previas de aprendizaje de los estudiantes, el contexto social, el efecto sobre los alumnos y la percepción y asimilación de la oferta docente (Figura 1). La teoría y el empirismo interactúan entre sí, cuando los procesos de enseñanza y aprendizaje, orientados hacia las competencias, se analizan científicamente y se mejoran de forma constructiva. En Alemania, se rige por el Output-Paradigma (control de los procesos de enseñanza y aprendizaje según los últimos resultados, KMK 2005).

Figura 1.- Modelo de Oferta-Aprovechamiento de los tipos de efectos (Helmke 2009, pág. 73).



En la actualidad, se rige por el paradigma de los expertos (Shulmann, 1987; Baumert & Kunter, 2006; Brunner *et al.*, 2006) para el desarrollo del profesionalismo del docente. Este profesionalismo se muestra en las áreas *Fachwissen* (conocimiento de la asignatura), *Fachdidaktisches Wissen* (conocimiento pedagógico de la asignatura) y *Pädagogisches Wissen* (conocimiento pedagógico) (Figura 2).

Figura 2: Modelo esquemático del conocimiento de la profesión del cuerpo docente (Brunner et al. 2006, pág. 523).



## Fundamentos Teóricos del Aprendizaje

El constructivismo es el fundamento teórico del aprendizaje del enfoque de gestión propuesto. Existen diferentes puntos de vista constructivistas. El punto de partida es el constructivismo radical de Glaserfeld (1984; 1995). Esta teoría cognitiva establece que la comprensión directa de una realidad externa es imposible. Por lo tanto, cualquier tipo de conocimiento humano está ligado a una perspectiva de observación. Si bien semejante paradigma no niega la existencia de una realidad, destaca que todo conocimiento sobre esta realidad es una construcción creada por el ser humano. A partir de esta posición de la teoría cognitiva se dedujo una concepción del aprendizaje: el constructivismo moderado. Éste se

ocupa de cómo se altera la cognición obtenida (conocimiento) de manera individual (Reinmann & Mandl, 2006). En el centro del constructivismo moderado se ubican la persona que aprende y el proceso de aprendizaje, que se puede caracterizar de la siguiente manera:

- Aprender es un proceso *constructivo*: al aprender, se construye sobre la base de experiencias y conocimientos de quien aprende. En este proceso, quienes aprenden no adquieren ni integran la nueva información como mejor les parezca, sino que construyen significados activos sobre la base de sus ideas ya existentes. En el caso de los estudiantes, antes de una clase, ellos ya han desarrollado ideas sobre el mundo que los rodea. A menudo, estas ideas no concuerdan con las ideas de la materia de la asignatura y resultan ser muy resistentes ante las lecciones.
- Aprender es un proceso *activo*: el aprendizaje efectivo es únicamente posible mediante la participación activa de quien aprende. Por lo tanto, se fomenta el aprendizaje cuando quien aprende juega un papel activo en el proceso enseñanza-aprendizaje.
- Aprender es un proceso *autorregulado*: ser responsable de los procesos de control y regulación del aprendizaje es beneficioso para quien aprende, ya que no se puede controlar ni regular desde el exterior. El entorno únicamente puede estimular o activar el proceso de aprendizaje.
- Aprender es un proceso *emocional*: los procesos de aprendizaje están siempre unidos a los sistemas cognitivos individuales de quien aprende. Los aspectos emocionales, como la motivación, también juegan un papel importante.
- Aprender es un proceso *social*: si bien los procesos de aprendizaje están unidos a los sistemas cognitivos de cada individuo, también existe un componente social. El aprendizaje se realiza dentro de una interacción social, en la que se comunican, negocian, prueban y comparten ideas, suposiciones, etc. El aprendizaje debería posibilitar sucesos interactivos.
- Aprender es un proceso *situado*: el aprendizaje ocurre en situaciones dentro de un contexto, es decir, el conocimiento

está relacionado con los contenidos y experiencias sociales. Los contextos específicos presentan un trasfondo de interpretación para el aprendizaje.

El constructivismo moderado no hace referencia al mecanismo mediante el cual las ideas se modifican. Para entender este mecanismo, se recurrirá a la Teoría del Cambio Conceptual.

## Teoría del Cambio Conceptual

Los estudiantes ingresan a la clase con una serie de ideas cotidianas, relacionadas con la asignatura o la materia de la asignatura. Ahora bien, quien quiera desarrollar ideas sobre la materia en una situación de gestión, no lo logrará si no considera las ideas que los alumnos llevan consigo. Para explicar los procesos de aprendizaje sobre la base de las ideas propias, existe una serie de planteamientos con diferentes puntos principales, contenidos en el término Cambio Conceptual.

La Teoría del Cambio Conceptual (Posner *et al.*, 1982; Strike & Posner, 1992) considera aspectos psicológicos de instrucción y establece pautas de enseñanza. Ella explica bajo qué condiciones se cuenta para lograr un cambio de ideas cotidianas en ideas fundamentadas por la materia. Este punto de vista había determinado que quien aprende debía renunciar a toda idea “incorrecta”. En su primera versión, el Cambio Conceptual se encuentra también en la tradición de la alteración de paradigmas de Kuhn (1976) y plantea una transformación radical de ideas. Por consiguiente, se creía que las ideas erróneas debían eliminarse y el aprendizaje debía documentarse a través de un paso de conceptos incorrectos a correctos.

Los enfoques constructivistas se distanciaron de estas alteraciones radicales de conceptos. Se ha demostrado que las ideas antiguas se mantienen, incluso después de la clase, y que son útiles y necesarias en muchas situaciones de la vida diaria. Es inadecuado calificar los conceptos cotidianos sobre los fenómenos biológicos, que a menudo se contraponen a las explicaciones de las ciencias naturales, como ideas erróneas. Es más importante y adecuado realizar

una descripción neutral como una idea cotidiana o de aprendizaje alternativa. Por lo tanto, el proceso se describirá mejor como una Reconstrucción Conceptual que hace espacio al aspecto del funcionamiento de quien aprende (véase Krüger, 2007).

Para que una reconstrucción de ideas sea posible, deben cumplirse las siguientes cuatro condiciones:

1. Debe dominar la *insatisfacción* con la idea existente:
  - Condición previa para la reconstrucción de ideas.
  - La confianza en viejas concepciones se pierde con anomalías.
  - La insatisfacción surge, por ejemplo, cuando existe un conflicto cognitivo.
2. La nueva idea debe ser *comprensible*:
  - Debe ser racionalmente abordable para poder asimilar las nuevas posibilidades.
  - Las analogías y metáforas favorecen la comprensión.
  - Es necesaria una base de conocimiento para que los nuevos aspectos sean comprensibles.
  - Mientras más se adapte la idea a los conocimientos de otras áreas, más fácil será su integración.
3. La nueva idea debe poseer *plausibilidad*, lo que supone comprensión:
  - La nueva idea debe estimular la sensación de que es posible resolver problemas de lo que la antigua idea no era capaz.
  - La plausibilidad depende del grado de concordancia que se espera entre la idea existente y la nueva.
4. La nueva idea debe ser *productiva*, lo que supone comprensión y plausibilidad:
  - La nueva idea debería poder aplicarse en otros ámbitos y abrir nuevas áreas de investigación.
  - Cuando la nueva idea es una alternativa comprensible y plausible, se intentará explicar experiencias con ella.
  - Se utilizará la nueva idea si ésta lleva a nuevos descubrimientos y puntos de vista.
  - La nueva idea debería prometer más que otras que compiten con ella.

En resumen, la Reconstrucción Conceptual se favorece cuando quien aprende se enfrenta a contextos de variables suficientes, bajo condiciones constructivistas de aprendizaje auténticas y con significado a nivel personal. Deberían ofrecerse posibilidades en las que se comprueben los puntos de vista actuales, se reflejen las experiencias fundamentales y el nuevo conocimiento adquirido de buenos resultados al utilizarlo como herramienta.

Los fundamentos de la Teoría del Aprendizaje ya mencionados dejan claro que es de vital importancia preocuparse de las ideas de los estudiantes para la planificación de una clase, desde el punto de vista de la Didáctica de la Biología. Existe una mayor oferta de literatura referente a las ideas de los alumnos en una bibliografía (Duit, 2009), que contiene más de 8.300 artículos (de investigación) referentes a la didáctica de las ciencias naturales.

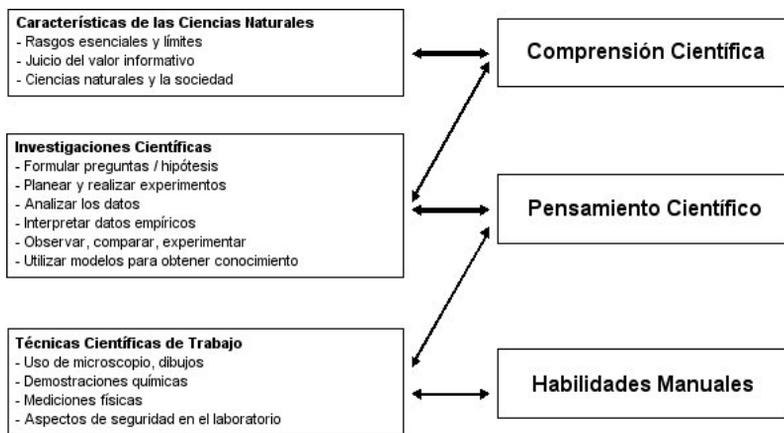
## **La Obtención de Conocimiento de Biología como Contenido de la Clase de Biología**

La biología utiliza la observación de fenómenos biológicos, la comparación, la experimentación regida por hipótesis y la elaboración de modelos como métodos científicos para la obtención de datos basados en teorías, con el objetivo de verificar o descartar hipótesis. La realización y reflexión de estos métodos son componentes elementales de la formación básica de las ciencias naturales, según la OCDE (2000, pág. 66): “La formación básica de las ciencias naturales es la capacidad para usar el conocimiento científico, identificar problemas y esbozar conclusiones basadas en evidencia, en orden a entender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios provocados por la actividad humana”.

Hodson (1992) formula objetivos de la formación científica, donde exige conocimiento de la asignatura *learn science* (conceptos, modelos, teorías), comprensión científica *learn about science* (comprensión de la filosofía, historia y metodología) y la obtención de conocimiento *learn to do science* (actividades para adquirir conocimiento científico). Según Mayer (2007, Figura 3), el es-

quema principal de las competencias de métodos científicos se refiere al área de la obtención de conocimiento y se divide en tres dimensiones centrales, con los conceptos de competencia correspondientes: técnicas prácticas de trabajo (habilidades manuales), métodos de obtención de conocimiento científico (pensamiento científico) y características de las ciencias naturales (comprensión científica). El pensamiento científico y la investigación científica aportan al desarrollo de la comprensión científica y, de este modo, a la comprensión de las características de las ciencias naturales.

Figura 3.- Esquema principal de las competencias de métodos científicos (modificado según Mayer, 2007).



Durante la clase de biología, debería desarrollarse una comprensión de los rasgos esenciales del método de las ciencias naturales mediante el uso de instrumental, material de apoyo y la realización de experimentos científicos. Aquí participa el entendimiento tanto de las teorías actuales de las ciencias naturales como de los límites de los procedimientos en ciencias naturales. El objetivo de la formación docente es capacitar al profesor para poder estimular este proceso reflexivo en la enseñanza. El punto de partida de este proceso es enfrentar a los participantes con las ideas de los alumnos. Es aquí cuando comienza la imagen de la Didáctica de la Biología en la clase.

## Trabajar con las Ideas de los Estudiantes

Las ideas son pensamientos y comprensiones referentes a un campo en particular. Todas las personas disponen de ideas determinadas que funcionan como piezas de construcción del conocimiento. En la Didáctica, se denominan conocimientos previos o condiciones previas al aprendizaje. Cuando los estudiantes escolares y universitarios comienzan a tener contacto con la biología, ya disponen de ideas sobre muchos temas. Sus ideas se basan en experiencias basales cotidianas (véase Gropengießer, 2007) y han dado buenos resultados en la vida cotidiana. Sin embargo, son diferentes a las ideas científicas. Se sugiere transmitir la idea correcta inmediatamente. No obstante, semejante forma de proceder no es posible, porque lo enseñado no es inmediatamente aprendido. Sólo se aprenderá lo que puede relacionarse con las ideas existentes. Por esta razón, las ofertas de aprendizaje deben considerar las ideas existentes de los alumnos como condiciones previas al aprendizaje.

Las ideas se desarrollan durante el proceso de aprendizaje. Estos procesos mentales subjetivos no pueden transmitirse ni asimilarse. Sólo los propios individuos pueden fabricarlos o construirlos. Por lo tanto, la enseñanza sólo puede estimular el aprendizaje. La mayoría de las veces, las ideas cotidianas no podrán reemplazarse por ideas científicas. Más bien, se modificarán y enriquecerán a través del aprendizaje, de un modo comparable al aprendizaje de un segundo idioma. No se olvidará la lengua materna, sino que se añade una nueva habilidad lingüística.

## Propuesta para un Seminario de Trabajo con Ideas de los Estudiantes

Objetivo del seminario: Los participantes trabajarán con ideas típicas de los alumnos hacia el tema “visión”. Los participantes elaborarán procedimientos para poder ampliar las ideas cotidianas a través de la perspectiva de la asignatura.

Introducción: Tarjetas de consulta y dibujos (usa grande letras, Figura 4)

Instrucción: Comente una de las dos siguientes afirmaciones: “Lo que veo es real, porque...” o “Lo que veo no es real, porque...”

Dibuje, según su imaginación, cómo es el proceso de ver la flor.

Las tarjetas y dibujos se colgarán en la sala del seminario.

Desarrollo: Los participantes ordenan y discuten las distintas posiciones y ángulos de visión de los dibujos y afirmaciones. Existen distintas posiciones, que pueden descubrirse, ya sea en las tarjetas de consulta o en los dibujos. Según la literatura (véase Gropengießer 2001, 2002, 2006), pueden verse distintas ideas (Tabla 1), que se incluyen en el segundo paso del análisis. Finalmente, los participantes deben proponer ofertas de aprendizaje (Tabla 1) que favorezcan el desarrollo de ideas orientadas a las ciencias en alumnos con ideas determinadas. Para esto, los participantes deben tomar en cuenta los cuatro aspectos de la Teoría del Cambio Conceptual (insatisfacción, comprensión, plausibilidad y productividad).

Figura 4.- Ejemplo de dibujo para el trabajo en el seminario (véase Gropengießer, 2001).

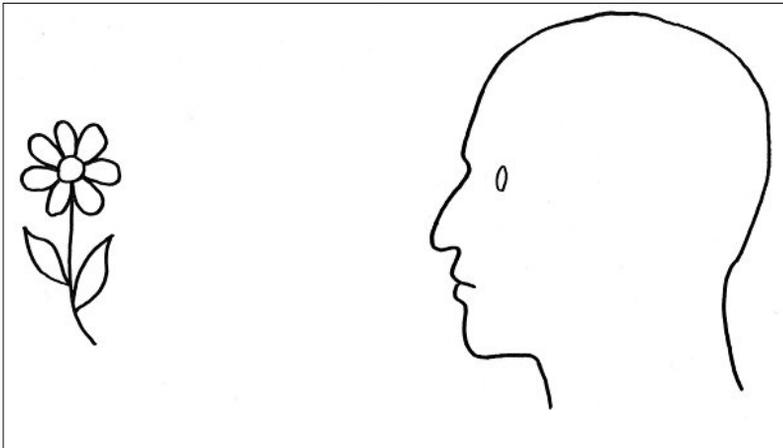
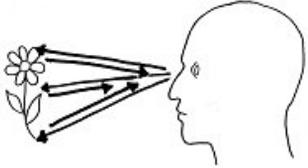
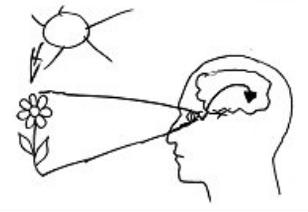
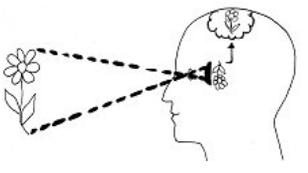


Tabla 1.- Ideas conocidas referentes a la visión e intervenciones posibles que permiten el aprendizaje de los alumnos en la clase.

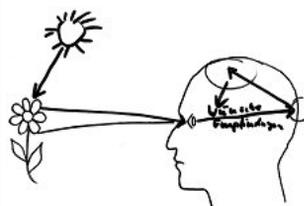
<p><b>La visión es confiable y muestra la realidad</b>                  Lo que veo es real, porque...                  ... es lo que ven los demás también,                  ... las cosas efectivamente existen,                  ... lo puedo escuchar, tocar o sentir,                  ... de otro modo, toda la vida sería un engaño.</p>	
<p><b>Intervención</b>                  Irritación causada por ilusiones ópticas: ilusiones físicas [ilusiones ópticas en el verdadero sentido]: barra “rota” en el agua; ilusiones retinales [Ilusiones oculares]: imágenes persistentes, puntos ciegos; ilusiones cerebrales: agujero en la mano, comparación de tamaños. Se puede aclarar que la visión humana es selectiva y posee exactitud limitada. Las percepciones no deben ser verdaderas, sino que sólo útiles para la sobrevivencia. La visión es una capacidad de interpretar que posee el cerebro. No tenemos acceso a la realidad.</p>	
<p><b>El ojo actúa y yo veo</b>                  Lo que veo no es real, porque...                  ... no todo es como mi ojo lo ve.</p>	
<p><b>Intervención</b>                  Irritación causada por una hoja blanca en una cámara oscura. Se puede aclarar que el ojo no emite rayos que iluminen el objeto. Se necesita luz para poder ver. La obtención de información se logra sin la intervención del ojo. El ojo reacciona ante la luz como un órgano pasivo, cuando ésta alcanza la retina.</p>	
<p><b>La visión requiere de luz y comienza con el objeto. Los rayos de luz alcanzan al ojo. El cerebro guarda la imagen.</b>                  Lo que veo es real, porque...                  ... se forma debido a la acción de los rayos de luz sobre mi retina,                  ... llega a mi ojo.</p>	
<p><b>El ojo “ve” todo lo que se encuentra frente a la cabeza y el cerebro lo voltea nuevamente. La imagen obtenida es la que el cerebro transmite.</b>                  Lo que veo no es real, porque...                  ... mi ojo ve todo lo que se encuentra frente a mi cabeza y es mi cerebro quien transforma la información.</p> <p>Lo que veo es real, porque...                  ... mi ojo lo capta así y lo transmite al cerebro,                  ... el cerebro percibe y construye la imagen del objeto, tal como se ve.</p>	

### Intervención

Irritación causada por el experimento con fosfeno: Se presiona el ojo cerrado con el dedo índice; Modelo de actividad cerebral (imágenes de TEP): la visión activa diversas áreas del cerebro. Se puede aclarar que existe una diferencia entre las emisiones electromagnéticas exteriores y el efecto interior de “luminosidad”. La excitación neuronal es neutral hacia el significado del estímulo. Sólo la ubicación del cambio en el umbral de excitación en el cerebro decide si se trata de luz, forma, color, contraste o movimiento.

**La luz reflejada ingresa al ojo, estimula las neuronas sensoriales y éstas llevan el impulso al cerebro. Éste elabora una sensación basada en experiencias, emociones e informaciones.**

Lo que veo no es real, porque...  
... cada persona ve una imagen distinta,  
... cada visión es selectiva y subjetiva,  
... la imagen que mi cerebro construye o reconstruye se basa en experiencias, emociones, etc.,  
... las experiencias e informaciones constituyen una imagen personal en el cerebro.



Reflexión: Los alumnos rara vez desarrollan ideas científicas referentes a la visión. Se espera que, mediante las ofertas de aprendizaje mencionadas, cada alumno descubra personalmente los límites de las propias ideas cotidianas. Los experimentos provocan una insatisfacción con la explicación propia. La oferta de una idea plausible y comprensible aún no es suficiente para lograr un aprendizaje duradero. El alumno debe poder probar y ejercitar la utilidad de la idea, a través de la explicación del proceso de la visión. De este modo, confiará en que el nuevo “punto de vista” en los contextos biológicos sirve para resolver problemas futuros. A continuación, se presentará el concepto de obtención de conocimiento en la clase de biología para la enseñanza universitaria, basado en este ejemplo de aprendizaje constructivista.

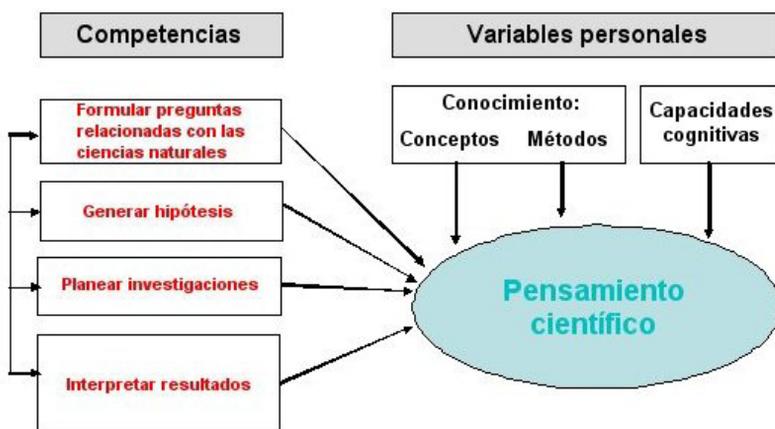
## Obtención de Conocimiento en la Clase de Biología

El conocimiento de la biología se obtiene de la interacción entre empirismo y teoría. Se entiende como empirismo la ganancia de experiencia a partir de la recolección de datos y observaciones. La

teoría abarca las hipótesis principales y proporciona las relaciones “si... entonces” que se pretende aclarar mediante el empirismo.

En el trabajo con las ciencias naturales, las investigaciones empíricas y basadas en teorías tienen una estrecha relación con el reconocimiento basado en la evidencia. Esta relación o proceso lleva a la experimentación y observación en biología. Esto es también lo que debería despertar el interés de quien aprende en la clase de biología, junto al fomento de las competencias en el campo de la obtención de conocimiento. La estrecha relación entre investigación y reconocimiento se hará evidente cuando el alumno no pueda separarlas durante el proceso de obtención de conocimiento. La oración “el ratón corre por todas partes con miedo” contiene, como componente empírico, la observación de que el ratón corre por todos lados y, como componente teórico, una interpretación de que parece hacerlo con miedo. El método científico en ciencias naturales es un proceso para resolver problemas, en el que se desarrollan métodos específicos. Dependiendo del tipo de problema y a qué disciplina pertenezca, existen distintos caminos, que muestran las características principales de un procedimiento en ciencias naturales. Mayer (2007) establece las competencias del pensamiento científico (Figura 5): formular preguntas de ciencias naturales, generar hipótesis, formular un plan de investigación y recopilar y analizar datos.

Figura 5.- Competencias del pensamiento científico en ciencias naturales (Mayer, 2007).



A menudo, el trabajo con las ciencias naturales causa la impresión de que el camino del conocimiento conduce “del explorar al conocer”, es decir, deducir algo universal a partir de la obtención de datos objetivos. Esta idea inductiva sobre el proceso de obtención de conocimiento es contraria al hecho de que la exploración ya se rige por teorías sobre el objeto y que se construye en base a conocimientos previos. En lugar de eso, el procedimiento hipotético-deductivo de la obtención de conocimiento se debe hacer consciente al principio de la clase de biología. Cuando los estudiantes comienzan con la formulación de hipótesis para resolver un problema biológico, eso es útil para que ellos reflejen las aceptaciones de sus teorías a través de la observación o la experimentación.

A menudo, las formas de trabajar en biología se valoran desde la perspectiva del objeto por conocer a través de la exploración: los objetos inmóviles se observarán y se examinará su constitución, mientras que los objetos móviles (espaciales o temporales) se observarán y se experimentará con ellos para analizar sus funciones. Si bien se intenta describir las formas de trabajar en biología como el acto de obtener conocimiento del objeto, sólo se pueden distinguir dos métodos para la obtención de conocimiento: la observación y la experimentación. Por lo tanto, mirar, examinar y el uso del microscopio no es más que una observación asistida.

Los profesores tienen un alto grado de exigencia en el manejo de formas de trabajar en biología, como por ejemplo, observar, examinar, experimentar y el uso del microscopio. Quienes aprenden deben conocer los requisitos y condiciones de los procedimientos científicos, para poder evaluar la validez, la trascendencia y los límites de las afirmaciones biológicas. Por lo tanto, el trabajo con las ciencias naturales debe considerarse teórico-científico. Se exigirá experticia biólogo-didáctica en el cuerpo docente para que quienes aprenden desarrollen la competencia de evaluar y realizar formas de trabajar en biología. Trabajos prácticos exigen decisiones de los profesores en todos los niveles del manejo metodológico.

## La Observación

La observación describe el conjunto de propiedades y características de objetos sometidos a cambios espaciales o temporales, en base a hipótesis, teorías y criterios (Tabla 2). Durante este proceso, los objetos no sufren ningún tipo de intervención. Por lo tanto, los límites de la observación se relacionan con lo que los sentidos son capaces de percibir. Como resultado de una observación, se obtienen datos sobre sus propiedades o características. Cuando la observación es a través de la visión, el objeto debe hacerse visible. Aquí se incluyen procedimientos como uso de filtros, iluminación, colorantes y un aprovechamiento adecuado del tiempo. Se sabe que las posibilidades de nuestros sentidos son limitadas, por lo que se utilizan equipos para aumentar el espectro cuantitativo (microscopio óptico, telescopio, estetoscopio) o cualitativo (rayos X, ECG).

Tabla 2.- Pensamiento en ciencias naturales durante una observación (modificada por Wellnitz & Mayer, 2008).

Formulación de preguntas	¿Qué características, estructuras, relaciones espaciales o desarrollo temporal se pueden identificar en el objeto?
Ejemplos hipotéticos	El objeto muestra la característica X durante el desarrollo de x. El objeto se compone de las partes x, y, z.
Diseño de examinación (Planificación y realización)	Elección del tema de la observación Establecer los criterios específicos y su desarrollo Determinar lugar, momento y espacio temporal. Recopilación de datos cualitativos o cuantitativos Observación de uno o más objetos, identificar magnitudes fuera de escala
Análisis de datos (Presentación, análisis, interpretación)	Documentación de los datos: descripción, dibujos, mediciones, fotografías Preparación de los datos: tablas, diagramas, cálculos Análisis (exactitud, error, magnitudes fuera de escala) e interpretación de los datos Relaciones correlativas (la dirección de la relación es desconocida) Explicación a través de relaciones estructurales y funcionales

A menudo, las observaciones se cuantifican. Los números permiten ordenar objetos o sucesos. La medición es una forma de conteo. Al medir, se detalla el tamaño, cantidad y unidad. Para deter-

minar la unidad, se utilizan equipos de apoyo, por ejemplo, cinta métrica (largo en metros [m]), balanza (peso en kilogramos [kg]), cronómetro (tiempo en segundos [s]) y termómetro (temperatura en grados Celsius [°C]). Ya que las mediciones están sujetas a errores, es indispensable repetir las mediciones. Para poder interpretar las observaciones, los datos se registran y documentan, y se elaboran tablas o diagramas. El último paso consiste en analizar e interpretar los datos para establecer conclusiones. Dependiendo de la duración e intensidad, se alternará entre observaciones cortas durante la hora de clase y observaciones de larga duración. Estas últimas requieren de gran paciencia y estímulos por parte del cuerpo docente y pueden extenderse durante varias semanas.

La observación de fenómenos, órganos y organismos naturales entrega experiencias que pueden causar sensaciones agradables, pero también miedo y repulsión. En estos últimos casos, una actitud profesional y metódica durante la observación logrará un distanciamiento emocional. En la biología, la observación es el procedimiento principal para obtener datos, lo que la convierte en el componente principal de todos los otros métodos de obtención de conocimiento durante la clase de biología.

Se hablará de **examinación** cuando la observación se realice con la ayuda de equipos de apoyo, con el fin de investigar relaciones internas del objeto, o cuando el programa de observación sea extenso. La disección (separación adecuada de los componentes del objeto) y la preparación (conservación del objeto en el tiempo) son formas importantes de examinación. Para exámenes más profundos, existen reacciones de demostración y el análisis de factores bióticos y abióticos en el ecosistema.

El **Uso del Microscopio** permite magnificar objetos pequeños para hacerlos visibles. El microscopio óptico puede iluminar o traslucir objetos. Los sistemas de lentes concentran los rayos de luz de tal manera que la imagen del objeto se proyecta de mayor tamaño en la retina del ojo. El microscopio electrónico reemplaza los rayos de luz por emisiones de electrones, que amplifican la imagen mil veces más. Es raro que se utilicen microscopios electrónicos en las escuelas, debido a los altos costos y la complejidad

de las técnicas de preparación. Sin embargo, se utilizan fotografías de microscopía electrónica.

Los estudiantes, antes de usar un microscopio, aprenden a trabajar con una lupa, que es capaz de magnificar la imagen entre dos y quince veces. La lupa se ubica cerca del ojo y se acerca al objeto hasta que se pueda ver con nitidez. La lupa, el microscopio óptico y el microscopio electrónico mejoran el poder resolutivo del ojo: una persona normal puede distinguir dos puntos separados entre sí por una distancia de  $100\ \mu\text{m}$  (el grosor de un cabello, aproximadamente), desde una distancia de 25 cm. La lupa permite ver dos puntos separados por  $10\ \mu\text{m}$ , el microscopio óptico,  $0,2\ \mu\text{m}$  y el microscopio electrónico,  $0,0003\ \mu\text{m}$ . La microscopía óptica comenzó en el siglo XVII. El microscopio electrónico fue diseñado en el año 1930 y profundizó la observación de tejidos, órganos, reproducción y desarrollo de los seres vivos, que hasta entonces había sido imposible de descubrir e investigar, debido al pequeño tamaño de las estructuras y sus procesos. Le debemos a la microscopía, por ejemplo, la teoría celular (“los organismos se componen de células”, “las células provienen de células”).

Las experiencias obtenidas al introducir el concepto de célula a estudiantes de 11 años muestran que, a esa edad, poseen la capacidad para manejar un microscopio, diseccionar y llegar a resultados significativos. Sin embargo, presentan dificultades al momento de interpretar lo observado. Para resolver esto, pueden utilizarse modelos de apoyo, por ejemplo, modelos celulares tridimensionales para mostrar la ubicación de los organelos, o el uso de placas de vidrio rotuladas y espaciadores en el retroproyector para presentar esto como modelo funcional.

El microscopio óptico permite examinar objetos inmóviles (por ejemplo, células vegetales), observar el comportamiento de seres vivos microscópicos (por ejemplo, Euglena) o también experimentar determinadas alteraciones de condiciones (por ejemplo, plasmólisis). La microscopía permite el aprendizaje cognitivo, afectivo y sicomotor. De este modo, se desarrollan las capacidades de abstracción e imaginación de los alumnos, cuando deben trasladar la imagen microscópica bidimensional a una imagen tri-

dimensional del objeto real. La motricidad fina de los estudiantes se desarrolla a través de la interacción con el objeto y el dispositivo concreto. Aprenden a prestar mucha atención a los detalles. La capacidad de expresión se desarrolla mediante la descripción de lo observado. Dibujar lo observado favorece la capacidad de observar con exactitud. Para los alumnos, la experiencia con el mundo microscópico es agradable, estimulante y activa el deleite de descubrir cosas nuevas.

## **Propuesta para un Seminario de Observación mediante Microscopía**

Objetivo del Seminario: Los participantes elaborarán estrategias para resolver problemas típicos relacionados con la microscopía y la confección del dibujo de una observación microscópica.

Introducción: Los participantes generarán situaciones que impidan el uso del microscopio: fuente de luz desenchufada o apagada, revólver no encajado, lente ocular sucio, objeto muy grueso o mal enfocado, etc. Para controlar que la falla se ha detectado correctamente, se ubicarán tarjetas volteadas junto al microscopio, donde se detallará la falla (Gropengießer 1997).

Instrucción: Identifique la falla en el microscopio y déjelo tal cual como lo encontró, sin reparar la “falla”.

Sugerencia: Esta serie de fallas que impiden el uso del microscopio puede utilizarse como una clase introductoria, donde los alumnos aprenden el funcionamiento del microscopio. Aprenderán a reconocer las fallas por sí mismos y necesitarán menos ayuda del cuerpo docente para resolver los problemas sencillos del microscopio.

Instrucción: Dibuje algunas células de Elodea y cuelgue su dibujo (por ejemplo, en una pizarra magnética, plancha de corcho, cuerda).

Desarrollo: Se discutirán las diferencias y semejanzas entre los dibujos. ¿El dibujo tiene título? ¿Tiene leyenda (nombre, fecha,

descripción del objeto, aumento)? Se debe comprobar si, además del factor del aumento del lente ocular y objetivo, se incluyó una escala o referencia en el dibujo (ejemplo: un cabello humano). ¿El dibujo posee rotulaciones? De ser así, ¿se utilizaron líneas rectas? ¿Todas las líneas terminan con una flecha? ¿Se ubica el dibujo a la izquierda y las líneas se dirigen a la derecha (la dirección de la escritura facilita la rotulación)? ¿El dibujo fue hecho con lápiz grafito?

**Reflexión:** Muchos participantes no consideran estos criterios al momento de dibujar. ¿Acaso no son necesarios? ¿Por qué los futuros profesores evitan el cumplimiento de estas reglas fundamentales? ¿Cómo pretenden tratar estos puntos con los alumnos en el futuro?

Otra discusión referente a la generación de problemáticas es la tridimensionalidad de los objetos microscópicos. Hágase una observación microscópica de Euglena y que los participantes hagan un modelo de ésta con plastilina. Luego, se procederá a discutir la forma de este modelo (Figura 6) y, si se da el caso, se propondrán ideas para mejorar la presentación de la Euglena (por ejemplo, ubicar modelos uno sobre otro).

Figura 6.- Modelo de plastilina de Euglena (Krüger, 2006a).



## Experimentación

Al experimentar, se alterarán las condiciones normales del objeto con un fin determinado y se examinarán relaciones causa-efecto (Tabla 3). Los tres criterios más importantes de la experimentación son: observación de magnitud, aislamiento de factores influyentes y variación sistemática de factores influyentes.

Tabla 3. Pensamiento en ciencias naturales durante la experimentación (modificada por Wellnitz & Mayer, 2008)

Formulación de preguntas	¿Qué relación existe entre los factores X e Y?
Hipótesis	La variable independiente X influye sobre la variable dependiente Y
Diseño de examinación (Planificación y realización)	Identificación, aislamiento y variación sistemática de los factores influyentes Se elegirá una variable, mientras que los demás factores se mantendrán constantes Identificación y mantención constante de factores influyentes
Análisis de datos (Presentación, análisis, interpretación)	Documentación de los datos (magnitudes, tablas) Preparación de los datos (cálculos, diagramas) Análisis de los datos (exactitud, errores, magnitudes fuera de escala) Relaciones causales (clara relación causa-efecto) Explicación de un fenómeno a través de sus causas fisiológicas, ecológicas o genéticas

En un experimento, se presentará una situación de observación según un plan de acción basado en hipótesis. Debe determinarse una magnitud observable (por ejemplo, el crecimiento de una planta) y establecer qué relación posee con un factor influyente hipotético (por ejemplo, temperatura). El factor influyente se aislará y se someterá a variaciones sistemáticas durante las distintas sesiones de experimentación. En forma paralela, se experimentará con el factor influyente en sus posibles valores mínimo (por ejemplo, congelador a  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y máximo (por ejemplo, horno a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Cada experimento debe repetirse varias veces.

Todos los demás factores (por ejemplo, magnitudes fuera de escala, como la presencia de luz o minerales) que podrían influir sobre la magnitud deben eliminarse, minimizarse, mantenerse inalterados o distribuirse estadísticamente al azar en todos los casos. De este modo, el factor influyente se aislará para observar su efecto en la magnitud. Luego, se compararán los datos obtenidos mediante la observación de la magnitud frente a cada variante. Se describirá una relación posible como una correlación (estadística). Dependiendo de la hipótesis, una correlación puede interpretarse como una relación causa-efecto (causalidad).

La experimentación en la clase de biología puede llevar a un gran acercamiento a la experimentación orientada a la investigación,

cuando sirve para confirmar o descartar una hipótesis generada por una pregunta determinada. Sin embargo, esta experimentación orientada al descubrimiento se diferencia de la experimentación orientada a la investigación en el material disponible, la poca duración de la clase y la capacidad limitada de experimentación de los alumnos. Además, el profesor e incluso los alumnos ya conocen el resultado del experimento antes de realizarlo, por lo que se habla de experimentos confirmatorios. Una variante metódica consiste en formular una nueva pregunta durante el experimento. Los experimentos introductorios pueden llevar al aprendizaje orientado al descubrimiento.

Los experimentos se clasifican en cualitativos y cuantitativos. En los experimentos cualitativos, se decide si la respuesta es sí o no, o si un factor juega un papel o no. Los experimentos cuantitativos son muy diferentes: muchos resultados individuales se expresan en números y tamaño y se establece una relación entre ellos. Al experimentar, se observa, compara, describe, dibuja y constata. Esta gran complejidad lleva a avances en el aprendizaje en distintos aspectos (véase Gropengießer *et al.*, 2010):

- Cognitivo: la experimentación favorece la reflexión exacta, consecuente y metódica, así como el pensamiento independiente, abstracto y creativo.
- Afectivo-emocional: los alumnos aprenden que únicamente el esfuerzo consistente y perseverante y un trabajo meticuloso llevan al éxito. De este modo, se logra una apreciación positiva y, por ende, una mayor motivación para trabajar con la biología.
- Sicomotor: el instrumental debe elegirse, combinarse y manipularse en forma pragmática.

## **Propuesta para un Seminario de Experimentación**

Objetivo del seminario: Los participantes explicarán el valor informativo de un experimento, tomando en cuenta los controles. Pueden nombrar la diferencia entre preguntas e hipótesis y reconocer variables dependientes e independientes, así como variables de interferencia (véase Krüger & Gropengießer, 2006).

Introducción: Se puede proyectar un segmento de dos minutos de Goldfinger, la tercera película de James Bond. En este segmento, Bond encuentra a su compañera Jill muerta sobre la cama, totalmente cubierta de oro. En su diálogo con “M”, Bond explica que la cubierta de oro asfixió a Jill, ya que impidió que su piel pudiera respirar.

Instrucción: Comente el fragmento de la película. Formule preguntas e hipótesis que puedan analizarse desde las ciencias naturales.

Desarrollo: Luego del diálogo, surgen preguntas, como por ejemplo: ¿El ser humano respira a través de la piel? ¿La causa de la muerte fue un problema de temperatura? A continuación, se formulan hipótesis, como por ejemplo: A través de la piel ocurre un intercambio de gases, donde se libera dióxido de carbono e ingresa oxígeno. En vez de elaborar más propuestas para la realización de experimentos, el conductor del seminario sugerirá el siguiente experimento (Steinecke & Auge, 1976): se mantendrá una mano durante cuatro minutos en un vaso de precipitados y se comprobará el dióxido de carbono liberado mediante unas gotas de una solución de hidróxido de bario (agua de barita) o hidróxido de calcio (agua de cal). Debe conocerse con anterioridad cuál es la reacción de demostración. Los participantes anotarán sus observaciones y sacarán conclusiones.

Reflexión: Se esperan tanto observaciones como interpretaciones. La interpretación de los resultados conduce a demostrar la presencia de dióxido de carbono en el vaso de precipitados. Al final, se llega a la conclusión de que la mano liberó dióxido de carbono y que Bond tenía razón.

Hay que tener en mente que el agua de barita no “cambia de color” ni “se vuelve turbia”. Esto implica que el agua de barita presenta dos colores (transparente y lechoso). En lugar de eso, se produce carbonato de bario en la superficie de las gotas y se evapora. El aspecto principal del procedimiento en el ejemplo del fenómeno relativamente desconocido de la respiración cutánea en seres humanos, comprende una reflexión crítica a la sencillez del experimento. Está claro que muchos estudiantes rompen reglas elementales. General-

mente, sólo se examinará la liberación de dióxido de carbono, en relación a la hipótesis. El ingreso de oxígeno, formulado en la hipótesis, no se examinará. La mayoría de los estudiantes interpretan los resultados de manera poco crítica, debido al efecto subjetivo del experimento y a la ausencia de controles (¡y así funciona la mayoría de los experimentos escolares!). Es urgente e imprescindible realizar un experimento de control (no en la mano) que también lleve al enturbiamiento de la solución. El control demuestra la presencia de dióxido de carbono en el aire. No puede determinarse la cantidad de dióxido de carbono liberada por la piel. El experimento no responde si el ser humano respira a través de la piel, por lo que la afirmación de Bond no puede comprobarse o descartarse.

## Comparación

Comparar, ordenar y clasificar juegan un papel muy importante en la biología, debido a la enorme variedad de seres vivos existentes. La comparación, por un lado, ayuda a ordenar esta variedad y, por otra parte, hará evidente que todos los organismos poseen las mismas características esenciales (Tabla 4).

Tabla 4: Pensamiento en ciencias naturales durante la comparación (modificada por Wellnitz & Mayer, 2008).

Formulación de preguntas	¿Qué diferencias, semejanzas o similitudes distinguen a los objetos A y B en las características x e y?
Ejemplos hipotéticos	Los objetos A y B son semejantes en la característica x y diferentes en la característica y
Diseño de examinación (Planificación y realización)	Elección de objetos y fenómenos para comparar Contraposición de al menos dos objetos o fenómenos Comparación dentro del grupo o entre grupos Determinación de uno o más criterios (constantes, inconstantes) Comparación de las expresiones de una característica
Análisis de datos (Presentación, análisis, interpretación)	Documentación de los datos: descripción, dibujos, mediciones, fotografías Preparación de los datos: tablas, diagramas Análisis (exactitud, error, magnitudes fuera de escala) e interpretación de los datos Prueba de la relación de equivalencia: ¿Son dos objetos equivalentes o no? ¿Son las características (tamaño, forma) iguales o distintas? Explicación filogenética o ecológica (homologías, analogías)

La comparación es un proceso guiado por la teoría, en el cual se contraponen, según criterios de comparación elegidos, al menos dos objetos o fenómenos. Las comparaciones se ocupan de elementos morfológicos y anatómicos y las funciones relacionadas con ellos. Sin embargo, también pueden dirigirse a procesos, como el desarrollo o la reproducción, así como también los tipos de conducta. Comparar es una acción, donde, bajo los mismos criterios, se observan dos o más objetos o fenómenos y se obtienen datos sobre sus características. Le sigue una prueba para encontrar una relación de equivalencia y para establecer si las características son idénticas o distintas. Mediante esta prueba, se logra la comparación a través de la observación. No obstante, sin observación, no hay comparación. Por lo tanto, una comparación es, como operación lógica, más abstracta y, para los alumnos, posee un mayor grado de complejidad que la mera observación de un objeto individual. La comparación se dirige a una finalidad. La finalidad comprende la elección de criterios y de las características o propiedades de los objetos que se compararán. El resultado de una comparación se determina más a través de la elección de los criterios de comparación que a través del propio objeto. Los criterios de comparación pueden establecerse al principio de la comparación o desarrollarse durante el transcurso del experimento. Comparar es más que una mera clasificación, ya que aquí se evalúa la capacidad de interpretar y de diferenciar entre lo importante y lo irrelevante (véase Gropengießer *et al.*, 2010).

## Clasificación

La comparación puede llevar a un tipo determinado de clasificación. Todos los objetos que muestran características idénticas pueden clasificarse. Para ello, es necesario establecer sistemas de clasificación que lleven a una clasificación inequívoca del objeto (Tabla 5). Esto se consigue cuando la clasificación se efectúa paso a paso y sigue un criterio de comparación. Luego, todos los grupos construidos se diferencian en cada nivel del desarrollo de este criterio. Esta clasificación se denomina Constancia de Criterios (Hammann 2002). Para que los objetos puedan ordenarse en forma inequívoca, es necesaria una definición selectiva de los

aspectos relevantes de las características o propiedades. En sistemas de clasificación en base a criterios inconstantes, el orden se realizará, al mismo tiempo, de acuerdo a más de un criterio (véase Gropengießer *et al.*, 2010).

Los alumnos, al momento de clasificar seres vivos, generalmente no utilizan criterios de clasificación taxonómicos o sistemáticos. En lugar de eso, clasifican (la mayoría de las veces, con criterios inconstantes) a los animales según hábitat y desplazamiento, y a las plantas según apariencia, grado de utilidad y hábitat (Kattmann & Schmitt 2006, Krüger & Burmester 2005).

Tabla 5.- Pensamiento en ciencias naturales durante la clasificación (modificada en base a Wellnitz & Mayer, 2008).

Formulación de preguntas	¿Qué objetos o fenómenos con características o propiedades compartidas o similares se pueden clasificar en una categoría?
Hipótesis	Todos los A y B muestran propiedades compartidas, a diferencia de C y D, y por lo tanto, pertenecen a la categoría AB
Diseño de examinación (Planificación y realización)	Determinación de criterios para la clasificación según la finalidad de la clasificación Orden de criterios (comparación dentro del grupo y entre grupos)
Análisis de datos (Presentación, análisis, interpretación)	Documentación de los datos: descripción, dibujos, mediciones, fotografías Preparación de los datos: tablas, diagramas Análisis (exactitud, error, magnitudes fuera de escala) e interpretación de los datos Elaboración de un sistema de clasificación con criterios de comparación de mayor importancia Prueba de la relación de equivalencia: ¿Cómo se ve la totalidad de los objetos que son equivalentes a un objeto dado? Explicación filogenética o ecológica (homologías, analogías) Clasificación (taxonómica, sistemática, construcción de un árbol genealógico) Determinación (probar que las propiedades definidas corresponden con las del objeto en cuestión).

Una forma especial de comparación es la **determinación**. Mediante ésta, se prueba si las propiedades específicas escogidas que se encontraron en un objeto de referencia son idénticas a las del objeto en cuestión. Si este es el caso, se puede clasificar y luego determinar.

## Propuesta para un Seminario de Clasificación

Objetivo del seminario: Los participantes explicarán cómo los biólogos proceden a clasificar objetos biológicos. Pueden nombrar la diferencia entre clasificación según criterios constantes e inconstantes.

Introducción: Deben clasificarse once objetos botánicos que alumnos de 10 años de edad puedan nombrar.

Instrucción: Clasifique en grupos los 11 objetos botánicos que se muestran a continuación:



Puede crear tantos grupos como desee. Es posible crear grupos para un sólo objeto. Es de gran importancia que todos los grupos tengan un nombre descriptivo.

Desarrollo: Basándose en los nombres de los grupos, se decidirá según qué criterio se clasificaron (Tabla 6).

Un pequeño grupo de estudiantes clasifica los objetos según un criterio único (clasificación mediante criterio constante). Este tipo de clasificación, desde el punto de vista de la biología, es la deseada al menos en la sistemática. Permite que el objeto se clasifique dentro de un grupo específico.

Tabla 6.- Clasificación de los nombres de los grupos en categorías y criterios (Krüger & Burmester, 2005).

Criterio	Categoría	Los nombres de grupo describen...	Nombres de grupo (ejemplos)
Apariencia	Crecimiento	... el crecimiento	Árbol, arbusto, flor, pasto,
	Forma de las hojas	... la conformación de los órganos de las hojas	Aguja, afilada, redonda
	Característica	... características ópticas y anatómicas llamativas	Espinas, flores, frutos, tronco, tallo, látex
	Color	... el color de las plantas u órganos vegetales	Amarillo, rojo
	Tamaño	... el tamaño	Plantas grandes, pequeñas
Utilidad	Usos	... la utilidad fuera de la alimentación	Material de construcción, medicamento, decoración, planta útil, maleza
	Alimentación	... la utilidad alimenticia	Verduras, cereales, comestible, venenosa, té
	Función	... funciones especiales	Descomponedora, ayuda a formar bosques
Habitat	Extensión	... áreas de vegetación, la frecuencia de aparición	Tropical, exótica, autóctona, del sur, del norte, muy extensa
	Lugar de crecimiento	... una indicación específica de lugar	Bosque, campo, pradera, crece sobre el suelo, cubre el suelo, plantas de sombra, plantas de luz
Origen	Sistemático	... conjuntos sistemáticos, independientes de las propiedades objetivas	Musgo, hongo, cactus, leguminosas
	Parentesco	... comportamientos de parentesco, fuera de conjuntos sistemáticos, parcialmente inventados	Ortigas, setas, espigas

Ciclo	Estación	... la época de floración o períodos de crecimiento	De florecimiento temprano, invierno, verano, siempreverde
	Proliferación	... el tipo de proliferación	Autoproliferación, autopolinización
	Desarrollo	... procesos de desarrollo	Flores que se abren, flores que cambian
Aspectos afectivos	Tacto	... sensaciones al tacto	Quema, blando, punzante
	Estético-emocional	... sensaciones y actitudes respecto a la planta	Fea, hermosa, mi planta favorita
	Antropomorfo	... la transmisión de rasgos humanos a la planta	Equipo vegetal, “los chicos malos”

En la reflexión sobre las distintas clasificaciones elaboradas por los propios alumnos, se mostrará qué ventajas y consecuencias conlleva la clasificación mediante criterios constantes o inconstantes. En la vida cotidiana, la clasificación mediante criterios inconstantes tiene su significado. Incluso en relaciones ecológicas, un pensamiento es, en muchos niveles de criterio, al mismo tiempo un aprovechamiento. Por el contrario, si se desea clasificar animales o plantas en grupos específicos, lo único capaz de solucionar posibles problemas de clasificación es un procedimiento a través de criterio constante (Krüger, 2006b).

En primer lugar, los alumnos clasifican a las plantas según su apariencia y utilización, donde la categoría “alimentación” juega un papel determinante. Otro criterio utilizado con frecuencia es el hábitat, con las categorías “ubicación” y “extensión”. Si bien los criterios sistemáticos no cumplen ningún rol, casi todos los estudiantes clasifican a las plantas, en forma intuitiva, según aspectos morfológicos (Krüger & Burmester, 2005). El contraste, tanto de los procedimientos comunes como de los diferentes, de los alumnos y la sistemática, debería llevar a discusiones útiles para el aprendizaje.

La clasificación sistemática de dulces de la marca alemana Haribo (también se pueden utilizar monedas, véase Figura 7) es un ejercicio motivador, seguido de la clasificación de ejemplos biológicos (árboles, frutas y verduras). La clasificación inicial y dominante de

plantas, según el criterio “apariencia”, se aproxima mucho a los procedimientos que realizan los biólogos. Por esta razón, ciertos objetos vegetales son especialmente adecuados para clasificarse.

Figura 7.- Clasificación utilizando dulces Haribo como ejemplo (Krüger 2006b).



Sugerencia: Los alumnos clasifican a los animales terrestres, acuáticos y aéreos bajo el recurso “elementales” (Kattmann & Schmitt, 1996). Al otorgarles libertad para la clasificación de los animales, los alumnos no utilizan un criterio de comparación de mayor importancia (Hammann, 2002). Los objetos se pueden ordenar en dos tipos distintos: la mayoría de los alumnos harán la clasificación según distintos criterios, en forma simultánea (clasificación mediante criterios inconstantes). La clasificación mediante criterios inconstantes es, desde la perspectiva de la biología, insatisfactoria. No lleva a ninguna decisión definida sobre dónde se clasifica una planta determinada.

## Modelos

Se entiende como modelo, la reproducción de un original, que se utilizará para un fin determinado. Las reproducciones pueden ser constructos teóricos (modelos de pensamiento) u objetos (modelos de ilustración). Los modelos se construyen cuando no se tiene acceso directo a un fenómeno natural. Los modelos poseen funciones:

- Ilustrativa, ya que interpretan estructuras, procesos o constructos teóricos.
- Económica del pensamiento, ya que facilitan el acceso a circunstancias y resolución de problemas.
- Heurística, cuando permiten la identificación y limitación de problemas, a través de su carácter hipotético.

Todo proceso de construcción de un modelo comienza con la intención de establecer relaciones de causa-efecto. Esto permite una predicción sobre el comportamiento de los elementos participantes, ante un cambio en las condiciones. Para esto, quien construye el modelo elabora una referencia de una teoría de un modelo mental, a partir del original. Este modelo mental posee características intelectuales muy importantes. Antes de que se represente en forma concreta, se le aplica una comprobación teórica en un experimento de reflexión. Si este experimento fracasa, el modelo se modifica. Si el experimento es exitoso, se procede a elaborar un modelo de ilustración. Si este modelo falla, se modificará o eliminará. Si el modelo cumple con su finalidad, estará sujeto a la crítica, donde se identificarán las siguientes características del modelo:

- Concordancias: características adecuadas de reproducción,
- Abreviaciones: características inadecuadas de reproducción,
- Accesorios: características teóricamente superficiales (pero prácticamente necesarias).

Un modelo debe corresponder al original en sus características principales. Deben ser adecuadas y reducirse a las esenciales, de manera que sean suficientes para permitir una predicción definida sobre el original (criterios de concordancia, adecuación, productividad). Los modelos de ilustración son fáciles de entender, cuando muestran el objeto de la forma más fiel a la realidad posible, como un modelo homólogo (por ejemplo, el modelo de un órgano). El manejo de los modelos análogos se complica cuando se utilizan únicamente las semejanzas funcionales para la construcción del modelo (por ejemplo, al comparar el ojo con una cámara).

A menudo, los alumnos ven los modelos como una copia fiel de la realidad, que debería facilitarles la visualización y la comprensión

de sucesos. Sin embargo, a muchos alumnos no les queda clara la función teórica de los modelos en el proceso de obtención de conocimiento. Para desarrollar una competencia de modelos, es necesario tanto comprender como tener la capacidad de manejar modelos. Para comprender los modelos, deberían desarrollarse ideas sobre los siguientes aspectos de los modelos: características, contenido teórico, finalidad, valor predictivo, revisión, desarrollo, variedades, comprobación y legitimidad científica. Debe aclararse que los modelos hacen visibles, explican o predicen procesos y estructuras que no pueden observarse directamente en el original. Manejar modelos consiste en tener la capacidad de utilizar estos conocimientos y llegar a una elección, aplicación y valoración reflexiva de modelos.

Los resultados de los informes PISA (véase Prenzel *et al.*, 2004) muestran, en el área científica, que sólo pocos estudiantes alemanes poseen una base de conocimientos para el pensamiento con modelos. Existen estudios sobre los resultados con manejo de modelos, tanto concretos como de pensamiento, como por ejemplo Grosslight *et al.*, (1991), Harrison y Tregust (2000), Justi y Gilbert (2003). Para los alumnos, el aspecto descriptivo de los modelos se ubica claramente en el primer plano. Sin embargo, generalmente no aprovechan el rol de los modelos en el proceso científico de obtención de conocimientos. La mayoría de los alumnos tiene una idea estrecha y estereotipada de los modelos como modelos estructurales que sirven, como una copia fiel de la realidad (posiblemente a otra escala), para la visualización de objetos y que facilitan la comprensión, aprendizaje y comunicación de sucesos desconocidos (Terzer & Upmeier zu Belzen, 2007). Van Driel y Verloop (2002), Justi y Gilbert (2002), o Crawford y Cullin (2004, 2005) establecen un punto de vista limitado sobre el rol de los modelos en ciencias, incluso para futuros profesores.

Con la ampliación del punto de vista teórico sobre la función medial de los modelos en la clase de biología, a partir de la función teórica de la obtención de conocimiento, los aspectos del pensamiento científico se acercan al foco de la misma manera en que también poseen un significado en experimentación, según Mayer (2007). La cercanía de la experimentación al trabajo con modelos

se hará evidente cuando se tenga presente que los experimentos (escolares) poseen caracteres fundamentales de modelos. El paso a una vasta competencia de modelos yace en ampliar el trabajo con modelos, es decir, reflejar el pensamiento sobre el conocimiento en modelos (véase Hodson 1992). La clase de biología debe fomentar el desarrollo de competencias, que serán necesarias para una aplicación de modelos reflexiva y orientada a las ciencias y a una finalidad (véase Meisert 2008). Las condiciones necesarias para obtener conocimiento a través de los modelos y para reflexionar sobre los modelos se definirán a continuación, como competencias de modelos, en el contexto de la clase de biología, según Krüger y Upmeier zu Belzen (2009), conforme a Weinert (2001):

La competencia de modelos comprende las capacidades de obtener conocimiento mediante modelos orientados a una finalidad y de juzgar modelos en base a su finalidad. Comprende las capacidades de reflejar en la biología el proceso de obtención de conocimiento mediante modelos y modelaciones, así como la disposición para utilizar estas capacidades en situaciones problemáticas.

Krüger y Upmeier zu Belzen (2009) reúnen los planteamientos anteriormente mencionados en cinco competencias de la competencia de modelos (Tabla 7). Diferencian entre conceptos de modelos, que abarcan conceptos cognitivos individuales hacia los modelos (competencias, características y alternativas), y construcción de modelos, que comprende las capacidades cognitivas durante el proceso de construcción de modelos (competencias, finalidad, pruebas y modificaciones de modelos). Utilizando a Mahr (2008) como referencia, se definen tres niveles distintos de la competencia de modelos. Estos niveles se diferencian en qué aspecto del modelo se tomará en cuenta. Se exige considerar a los modelos como un modelo de algo, esto es, que sirvan de base para el original que representan. Sin embargo, en el nivel III falta la perspectiva de que el uso de modelos también permite sacar conclusiones a partir de la realidad modelada y que es posible transmitir los conocimientos obtenidos desde el modelo al original.

Tabla 7. Niveles de las diferentes competencias de modelos.

<b>Niveles</b> <b>Dimen-</b> <b>siones con</b> <b>competencias</b>	<b>Nivel I</b>	<b>Nivel II</b>	<b>Nivel III</b>
<b>Conceptos de modelos</b>			
<b>Características de los modelos</b>	Modelos son copias <i>de algo</i>	Modelos son representaciones idealizadas <i>de algo</i>	Modelos son reconstrucciones teóricas <i>de algo</i>
<b>Modelos alternativos</b>	Descripción de diferencias entre los <i>modelos de objetos</i>	El objeto inicial permite la elaboración de distintos modelos <i>de algo</i>	Comparación dirigida por hipótesis de distintos modelos <i>para algo</i>
<b>Construcción de modelos</b>			
<b>Finalidad de los modelos</b>	Aplicación del modelo del objeto / descripción <i>de algo</i>	<i>Para</i> la explicación de relaciones y correlaciones <i>de</i> variables en el objeto inicial	Predicción sobre relaciones de variables <i>para</i> futuras obtenciones de nuevos conocimientos
<b>Pruebas de modelos</b>	Prueba estructural / funcional del <i>modelo del objeto</i>	Realizar un contraste con el objeto inicial Probar el modelo <i>de algo</i>	Verificar las hipótesis mediante aplicación Probar el modelo <i>para algo</i>
<b>Modificaciones de modelos</b>	Solucionar defectos estructurales o funcionales del <i>modelo del objeto</i>	Revisión del modelo como modelo <i>de algo</i> a través de nuevas obtenciones de conocimiento o perspectivas actuales	Revisión del modelo <i>para algo</i> a partir de hipótesis falsas

## Propuesta para un Seminario de Manejo de Modelos

Objetivo del seminario: Los participantes explicarán el significado de los modelos en ciencias y en la escuela. Los participantes desarrollarán estrategias para fomentar la competencia de modelos de los alumnos, basada en un modelo de competencias.

Introducción: ¿Qué es un modelo en ciencias naturales? ¿Qué finalidad tienen los modelos en ciencias naturales? ¿Qué debe ser la semejanza entre el modelo y el objeto inicial? ¿Cuándo modificarían los científicos un modelo? ¿Puede haber, en ciencias naturales, más de un modelo para un objeto inicial? (Crawford & Cullin, 2004).

Instrucción: Reflexione, en forma individual, sobre el rol y significado de los modelos, mediante la formulación de preguntas, y anote sus pensamientos sobre estas preguntas.

Desarrollo: Se divide a los estudiantes en cuatro grupos. La mitad trabajará con la tarea A, la otra mitad, con la tarea B.

Tarea A: Plantee el rol de los modelos en la obtención de conocimientos en ciencias naturales, basándose en el artículo de Watson y Crick (1953). Utilice las preguntas elaboradas en el material.

Tarea B: Plantee el rol de los modelos en la escuela, basándose en modelos estructurales y representaciones de la estructura del ADN, presentes en el texto escolar. Utilice las preguntas elaboradas en el material.

Los participantes presentarán las perspectivas científicas y mediales de los modelos, en forma separada, según el grupo de trabajo. Al término, se definirá la competencia de modelos y se presentará el modelo de competencias de Krüger & Upmeyer zu Belzen (2009). Representantes de ambos grupos elaborarán estrategias para la comunicación del rol de los modelos en la obtención de conocimientos en ciencias naturales, durante la clase de biología.

## Comentarios Finales

Nuestro deseo en este trabajo ha sido crear un debate sobre un conjunto concreto de ideas para presentar una introducción a la Didáctica de la Biología. Nos hemos esforzado en aclarar nuestra posición teórica referente a la enseñanza y el aprendizaje en biología. Esta convicción fundamental se refleja también en la realización del seminario, en el que se debería intervenir menos y estimular más. A través de los diferentes ejemplos se pretende

realizar una forma de provocación hacia el estudiante, el cual, en conjunto con los compañeros de estudio, se esfuerce por encontrar la manera de solucionarla. El objetivo es resolver un conflicto cognitivo que pueda surgir en biología, entre perspectivas de pensamiento y manejo referentes a los contenidos de estudio y el mundo de la vida real. Es evidente que pueden existir puntos de vista contradictorios en nuestras mentes sin causar mayores problemas, sin embargo, a veces, es necesario poner en problemas a los participantes al enfrentarse con sus propias limitaciones. No se trata de comprometer a los alumnos, sino más bien esperamos que al participante se le de la oportunidad y el tiempo para comenzar con un debate consigo mismo, con la Didáctica de la Biología y con su papel en la enseñanza de biología dentro del aula. Finalmente, esperamos que este artículo motive a los académicos, a los profesores en formación y a los profesores en servicio para enseñar la Didáctica de la Biología exitosamente y para que también la biología se enseñe de la mejor forma posible.

## Referencias

- Baumert, J. & M. Kunter (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 9: 469-520.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, A., Jordan, A., Klusmann, U., Tsai, Y.-M. & M. Neubrand (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 9: 521-544.
- Crawford, B.A. & M.J. Cullin (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *International Journal of Science Education* 26: 1379-1401.
- Crawford, B.A. & M.J. Cullin (2005). Dynamic Assessment of preservice teachers' knowledge of models and modelling. En: Boersma, K., Goedhart, M., de Jong, O & H.Eijkkelhof (Hrsg.), *Research and the Quality of Education*. Dordrecht: Springer, 309-323.
- Deutsches PISA-Kosortium (2000). Schülerleistungen im internationalen Vergleich: Eine neue Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten. Berlin: Max-Planck-Institut für Bil-

- dungsforschung Online im Internet: <http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/Rahmenkonzeptiondt.pdf>.
- Duit, D. (2009). Bibliography – STCSE Students' and Teachers' Conceptions and Science Education. Online in Internet: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>.
- Glaserfeld, E. von (1984). An introduction to radical constructivism. En: Watzlawick, P. (ed.), *The invented reality*. New York: Norton, 17-40.
- Glaserfeld, E. von (1995). *Radical constructivism: A way of knowing and learning*. London: Falmer Press.
- Gropengießer, H. (1997). Aus Fehlern beim Mikroskopieren lernen. *Unterricht Biologie* 230: 46-47.
- Gropengießer, H. (2001). Didaktische Rekonstruktion des „Sehens“. *Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung*. Oldenburg: Zentrum für pädagogische Berufspraxis.
- Gropengießer, H. (2002). Sehen – Schülervorstellungen, wissenschaftliche Theorie und deren Vermittlung. *Unterrichtsanregung. Materialien des IPN zum BLK-Programm SINUS zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*.
- Gropengießer, H. (2006). *Lebenswelten / Denkwelten / Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann*. BzDR 4, Oldenburg: DiZ.
- Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verfahrens. En: Krüger, D. & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin u.a.: Springer, 105-116.
- Gropengießer, H. & U. Kattmann (2006). *Fachdidaktik Biologie*. Köln: Aulis Deubner (7. Auflage).
- Gropengießer, H., U. Kattmann & D. Krüger (2010). *Biologiedidaktik in Übersichten*. Aulis Verlag
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & C.L. Smith (1991). Understanding Models and their Use in Science. *Conceptions of Middle and High School Students and Ex-perts. Journal of Research in Science Teaching* 28: 799-822.
- Hammann, M. (2002). *Kriteriengeleitetes Vergleichen im Biologieunterricht*. Innsbruck: Studienverlag.

- Harrison, A.G. & D.F. Treagust (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education* 22: 1011-1026.
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velber: Klett Kallmeyer.
- Hodson, (1992). In search of a meaningful. An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education* 14: 541-562.
- Justi, R.S & J. Gilbert (2002). Modelling, teacher's view on the nature of modelling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education* 24: 369-387.
- Justi, R.S. & J. Gilbert (2003). Teacher's view on the nature of models. *International Journal of Science Education* 25: 1369-1386.
- Kattmann, U. & A. Schmitt (1996). Elementares Ordnen. Wie Schüler Tiere klassifizieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 2: 21-35.
- Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München u.a.: Wolters Kluwer.
- Krüger, D. (2006a). Mit dem Mikroskop Erkenntnisse gewinnen. En: D. Krüger & J. Mayer (Hrsg.), Unterricht Biologie 318, Forscherheft – Biologisches Forschen planen und durchführen, 3-8.
- Krüger, D. (2006b). Objekte vergleichen: gleich oder verschieden? En: D. Krüger & J. Mayer (Hrsg.), Unterricht Biologie 318, Forscherheft – Biologisches Forschen planen und durchführen, 18-21.
- Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. En: D. Krüger & H. Vogt (2007). Theorien in der biologiepädagogischen Forschung, Berlin: Springer Verlag, 81-92.
- Krüger, D. & Burmester, A. (2005). Wie Schüler Pflanzen ordnen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11: 85-102.
- Krüger, D. & Gropengiesser, H. (2006). Hau(p)tsache Atmung - Beim Experimentieren wissenschaftlich denken lernen. MNU 59/3, 169-176.
- Krüger, D. & A. Upmeyer zu Belzen (2009). Modellkompetenz im Biologieunterricht – Struktur und Entwicklung. Referierter Tagungsband zur internationalen Tagung der Fachgruppe Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO, Kiel: Breitschuh & Kock GmbH, 48-49.

- Kuhn, T.S. (1976). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolution*, (2. Auflage). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Mahr, B. (2008). Ein Modell des Modellseins. Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. En: Dirks, U. & E. Knobloch (Hrsg.), *Modelle*. Frankfurt am Main u.a.: Peter Lang, 187-218.
- Mayer, H. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. En: Krüger, D. & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien der biologie-didaktischen Forschung*. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin u.a.: Springer, 177-186.
- Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. *ZfDN* 12, 243-261.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & W.A. Gertzog (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66: 211-227.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. & U. Schiefele (2004). PISA 2003. Ergebnisse des internationalen Vergleichs. Zusammenfassung. Online in Internet: [http://www.pisa.ipn.uni-kiel.de/Ergebnisse\\_PISA\\_2003.pdf](http://www.pisa.ipn.uni-kiel.de/Ergebnisse_PISA_2003.pdf) [Stand: 29.08.2007].
- Reinmann, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. En: Krapp, A. & B. Weidmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz PVU, 611-658.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review* 57: 1-22.
- Steinecke, F. & R. Auge (1976). *Experimentelle Biologie*. Darmstadt: Quelle & Meyer Verlag.
- Strike, K.A. & G.J. Posner (1992). A revisionist theory of conceptual change. En: Duschl, R. & Hamilton, R. (eds), *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practise*. New York: New York University Press, 147-176.
- Terzer, E. & A. Upmeyer zu Belzen (2007). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle – Modellverständnis als Grundlage für Modellkompetenz. *IDB* 16: 33-56.
- Van Driel, J.H. & N. Verloop (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modeling science education. *International Journal of Science Education* 24: 1255-1272.

- Watson, J.D. & F.H.C. Crick (1953). Molecular Structure of Nucleic Acids. Nature 171: 737-738.
- Weinert, F.E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. En: Weinert, F.E. (Hrsg.), Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz, 17-31.
- Wellnitz, N. & J. Mayer (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und -niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. En: Krüger, D., Upmeyer zu Belzen, A., Riemeier, T. & K. Niebert (Hrsg.), Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7. Hannover: Universitätsdruckerei Kassel 129-144.

# Capítulo 3. Desde el saber hacia la acción – la formación del profesor de ciencias y la práctica de la enseñanza

Helmut Fischler<sup>7</sup>

---

## Introducción

Como un ejercicio de un análisis profundo de la literatura, en un intento de sistematizar todos los componentes de la experiencia profesional de un profesor, y como base de un proyecto de investigación acerca de los profesores de matemáticas, Kunter *et al.* (2007) propone un modelo que describe varios componentes que se consideran claves dentro de la competencia profesional de un profesor de matemáticas. Como psicólogos, los investigadores se concentraron en las variables que pueden ser registradas en cuestionarios, y por lo tanto, consideran que la noción de “competencia” es apropiada para este contexto.

Los principales aspectos de la competencia de un profesor son representados por los siguientes conceptos:

**Conocimiento.** Para el conocimiento, los autores toman una parte de la diferenciación de Shulman entre las distintas facetas del conocimiento de un profesor (Shulman, 1986): Conocimiento pedagógico general (PK, del inglés pedagogical knowledge), conocimiento de los contenidos (CK, del inglés content knowledge), y el conocimiento pedagógico del contenido (PCK, del inglés pedagogical content knowledge).

---

<sup>7</sup> Dr. en Ciencias de la Educación, Profesor de Didáctica de la Física, Freie Universität Berlin. E-mail: helmut.fischler@fu-berlin.de

**Creencias.** Las creencias del profesor indican cual es su opinión acerca de las diferentes nociones de la enseñanza y aprendizaje, acerca de la naturaleza del conocimiento y acerca de sus metas educativas.

**Funcionamiento Psicológico.** Kunter *et al.*, (2007) “asumen que la combinación de un alto grado de compromiso y un alto grado de habilidad para lidiar con la presión de la vida escolar, es crucial para el funcionamiento psicológico de los profesores (Kunter *et al.*, 2007: 45). Por lo tanto, los investigadores definen diferentes variables motivacionales para tener instrumentos capaces de medir estos aspectos.

En la formación de los profesores de ciencia, entre estos aspectos principalmente los componentes de las habilidades del profesor relacionadas con el conocimiento están sujetos a ser utilizados para ayudar a los estudiantes a obtener las calificaciones básicas para su profesión. Esta situación es real a pesar del hecho de que el conocimiento no es un prerrequisito suficiente (y algunas veces incluso no es necesario) para la excelencia en la enseñanza.

El desarrollo de conocimiento del contenido (CK) de los profesores en formación (estudiantes de pedagogía) y del conocimiento pedagógico del contenido (PCK) es el objetivo de la formación de profesores de ciencia, aunque algunos aspectos del conocimiento pedagógico general (PK) son efectivos en cada situación de enseñanza. Al menos quedan dos preguntas básicas acerca de las que se debe reflexionar cuando se diseña un programa de estudio:

- a) ¿Qué temas dentro de la ciencia y qué tópicos de la ciencia relacionados con la pedagogía son necesarios para ser parte del programa de formación del profesor?
- b) ¿Cuáles son las expectativas relacionadas con la influencia del conocimiento del contenido por parte de los profesores (CK y PCK) acerca de sus competencias para la enseñanza?

Ambas preguntas no pueden ser analizadas por separado. Sin embargo, por motivos de análisis, en este capítulo algunos aspectos de cada pregunta en particular son revisados de manera individual y posteriormente se hacen referencia entre ellos mutuamente.

## Conocimiento de los contenidos o las materias

En el año 1999 la gran mayoría de los países europeos sostuvieron un acuerdo en una declaración en la que se comprometían a incorporar, entre otros puntos, un sistema de “grados asequibles y comparables”, siguiendo un “sistema que consiste esencialmente en dos ciclos, el de pregrado y el de postgrado” (Bologna, 1999). Dentro del contexto de intensas discusiones acerca de cómo incorporar el Sistema de Licenciatura (BA) y Maestría (MA), también para los estudios de formación del profesor, hubo dos posiciones contrapuestas: en un modelo más consecutivo, la idea predominante de que una base más amplia del conocimiento de las materias –adquirido en una primera fase que tiene como resultado un grado de licenciatura– es una buena base para varias profesiones. En este caso el grado de licenciatura corresponde a un certificado polivalente. Un segundo modelo enfatiza las exigencias que se piden a los profesores las que se pueden cumplir mejor después de cursar estudios orientados hacia un diseño integrativo en donde los estudios de las materias y los estudios de PCK se hacen referencia mutuamente desde el comienzo. La meta de este modelo integrativo es ser la piedra angular de un exitoso proceso de profesionalización lo antes posible.

En Alemania se aceptó este último concepto. En estos momentos esta situación marca el fin de un desarrollo en que la siguiente frase guiaba los estudios científicos de los futuros profesores que trabajarían en el *Gymnasium* (Institución de educación secundaria propia de Alemania) y que por varias décadas han sido cuestionados: “*Mientras mejor sea el conocimiento de la materia por parte del profesor, más eficiente es su capacidad de enseñanza*”. En la actualidad, el principio rector es una óptima interconexión entre las materias y los temas pedagógicos (relacionados con el contenido). Esta situación quiere decir que tanto los contenidos de la formación de profesores, como los elementos organizativos de enseñanza y contextos de aprendizaje, deben integrarse para que puedan ofrecer alternativas a los métodos tradicionales de capacitación de profesores. Estudios auto-determinados, proyectos a largo plazo, referencias históricas a temas científicos, y una presentación de la ciencia que comience desde los fenómenos y enfoques integrales

y que avancen hacia consideraciones sistemáticas y analíticas, son algunos de los elementos necesarios para preparar a los profesores para realizar posteriormente actividades en las escuelas que buscan fomentar las habilidades de los alumnos, además de mejorar su disposición hacia la ciencia.

Con el propósito de preparar a los profesores para enseñar ciencia en las escuelas, es necesario instaurar un programa de estudios para futuros profesores que sea distinto que los programas para los alumnos de BA y MA quienes van a convertirse en científicos. En Alemania estos cambios demandan un período de tiempo más extenso, pero el desarrollo se hace visible cada vez más y pide que los programas de formación de profesores se conviertan en un programa de estudio “*sui generis*”.

En un estudio de la Sociedad Alemana de Física (DPG, 2006) físicos junto con profesores de física exigieron cambios en los métodos y temarios del estudio de la Física. El punto de partida de las reflexiones de los físicos acerca de los estudios adecuados de los profesores-estudiantes fueron las exigentes tareas a las que los profesores se ven enfrentados en las escuelas. “A los jóvenes futuros profesores se les debe entregar una formación óptima y las mejores herramientas para que puedan llevar a cabo sus funciones. La experiencia ha demostrado que la formación de profesores que es sólo el estudio de diferentes temas dentro del conocimiento de la física, no cumple con estos objetivos”.

Por lo tanto, la formación de los profesores de física necesita ser mejorada especialmente para cumplir con sus demandas. Este punto quiere decir que la formación de los profesores deben ser una formaciónestudios *sui generis*” (DPG, 2006: 4, traducción: autor).

- Los métodos en la Física deberían ser diseñados de manera tal que los alumnos experimenten situaciones de enseñanza-aprendizaje que posteriormente puedan aplicar como profesores como modelos de sus propias clases en las que puedan enseñar de manera cautivadora, con entusiasmo, y en clases dirigidas hacia los intereses de los alumnos.
- Los temas o asignaturas no debería estar determinado por el

sistema de la Física, sino que deben ser asignados de acuerdo a tópicos que cubran diferentes áreas complejas, por ejemplo, natación-flotación y vuelo, o la Tierra, el tiempo atmosférico y el medio ambiente.

Evidentemente, estas propuestas hechas por los físicos alemanes no definen de manera explícita un programa para preparar a los profesores para los procesos de enseñanza-aprendizaje de la educación de la Física en las escuelas. Sin embargo, existe una tendencia notoria: los físicos en las universidades han comenzado a admitir que los niveles de conocimiento que esperan de los futuros físicos deben ser distintos de los estándares que les exigen a los estudiantes de pedagogía en Física. Al incorporar el conocimiento acerca del formalismo de Lagrange en la mecánica o la ecuación de Dirac de la física cuántica, los profesores de física están definitivamente sobre calificados. En Alemania, los futuros profesores tienen que estudiar (y luego enseñar) dos materias (e.g. biología y física, o castellano y química) y durante los estudios las áreas orientadas hacia el desarrollo como profesional (pedagogía general y relacionada con las materias, períodos de práctica de enseñanza) cubren un tercio del programa completo de estudio. Si bien, no existen investigaciones empíricas acerca de la efectividad de los diferentes sistemas de formación de profesores, por ejemplo, que comparen el sistema Anglo-Estadounidense consecutivo, con el sistema integrativo de Alemania, resultados de encuestas a gran escala demuestran que los profesores de todos los niveles educativos en Alemania se consideran lo suficientemente preparados acerca de los contenidos de sus materias y que valoran una temprana conexión de los contenidos de la ciencia con aspectos educativos que los ayuden a comprender el potencial pedagógico de los temas científicos que van a ser enseñados y aprendidos (Merzyn, 2003).

# **Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) y el Conocimiento Pedagógico General (PK) – Estándares en la formación de profesores**

## **Contexto**

Existe una relación cercana entre estos componentes a pesar de su distancia en las diferentes responsabilidades institucionales y personales dentro de la formación de profesores. Por ejemplo, no podríamos imaginarnos que en una clase de Física los principios pedagógicos generales no sean efectivos. Elogiar a un alumno por su trabajo o darle la oportunidad de corregir su error en una actividad de física son decisiones del profesor guiadas por su conocimiento acerca de las posibles consecuencias de estas opciones. Por otra parte, casi no hay ninguna acción en una clase de Física que no esté influenciada por la estructura del contenido y por las dificultades de aprendizaje de los alumnos o por sus habilidades para aprender acerca de la materia.

En Alemania los estándares de las competencias son obligatorios para todos los programas de estudio de la formación de profesores. Estos estándares constan de dos partes. Una de ellas se refiere a aspectos más generales de las competencias de los profesores y la otra parte se refiere a competencias relacionadas con el contenido. Ambas partes proporcionan una estructura que debe concretarse y ajustarse a las condiciones locales por las universidades que ofrecen programas de formación para profesores. Los procedimientos que conducen hacia estos estándares de competencias no siempre han sido claros y están guiados por reflexiones racionales. Una ventaja adicional resultó a partir del trabajo que fue realizado por diferentes grupos responsables por el desarrollo de las competencias pedagógicas generales por una parte y el desarrollo de competencias relacionadas con la asignatura por otra.

La siguiente descripción de este proceso con toda seguridad es una combinación de lo que realmente ocurrió y el procedimiento ideal. En principio, se pueden distinguir varias etapas:

- Un primer acercamiento informal acontece en las reuniones y conferencias de asociaciones que han acordado ser responsables por el desarrollo en la formación de los profesores. Una de estas es, por ejemplo, la Asociación Alemana para Educación de la Ciencia y asociaciones para la didáctica de las materias de la escuela.
- En una segunda etapa los resultados de las discusiones son resumidos en un borrador y entregados a los miembros de futuros grupos de debates.
- Los representantes de las asociaciones formularon versiones en donde los resultados de estos debates fueron incorporados.
- Las negociaciones entre los representantes políticos responsables por los asuntos educativos trajo como consecuencia una promulgación de los estándares de los 16 Estados de la República Federal.

## **Estándares generales para la formación del profesor**

El catálogo completo esta dividido en cuatro áreas de competencia:

- (1) Enseñanza: Los profesores son expertos en el proceso de enseñar y aprender.
- (2) Educación: Los profesores cumplen con sus labores educativas.
- (3) Evaluación: Los profesores cumplen con sus labores de evaluación de manera mucho más justa y responsable.
- (4) Innovación: Los profesores desarrollan sus competencias de manera permanente.

Con respecto a la primera área (los profesores como expertos) se mencionaron tres competencias:

Competencia 1: Los profesores planifican sus clases y las llevan a cabo de manera correcta bajo circunstancias pedagógicas o relacionadas con los contenidos.

Competencia 2: Los profesores apoyan el aprendizaje de los alumnos a través del diseño de situaciones de aprendizaje motivadoras.

Preparan a los alumnos para agrupar sus conclusiones y aplicar lo que han aprendido.

Competencia 3: Los profesores promueven la habilidad de los estudiantes para aprender y trabajar de una manera autónoma

Todas las descripciones de las competencias son más concretas y específicas con respecto a su importancia para las etapas teóricas y prácticas de la formación de profesores. Como ejemplo, la competencia 2 es descrita con mayores detalles:

**Competencia 2:** Los profesores apoyan al aprendizaje de los estudiantes a través del diseño de situaciones motivadoras. Preparan a los alumnos para reunir todas las conclusiones y aplicar lo que han aprendido.

Estándares para las etapas teóricas de la formación de profesores.	Estándares para las etapas prácticas
Los profesores conocen teorías y estilos de aprendizaje.	Los profesores activan diferentes modos de aprendizaje y los apoyan.
Saben cómo integrar a los alumnos en el proceso de enseñanza y cómo apoyar el proceso de comprensión.	Planifican procesos de enseñanza-aprendizaje con respecto a perspectivas en la obtención de conocimiento y habilidades
Tienen conocimiento sobre teorías acerca de la motivación del aprendizaje de los alumnos además de posibilidades y cómo pueden éstas ser aplicadas en las lecciones.	Consideran y unifican la voluntad de los alumnos para aprender y realizar actividades.
	Guían y acompañan los grupos de aprendizaje.

Esta serie de estándares es complementada por consejos acerca de cómo ayudar a los futuros profesores a mejorar sus competencias. De acuerdo a estos consejos, el desarrollo de las competencias de la enseñanza es respaldada a través de:

- La presentación de ejemplos concretos para los conceptos teóricos, mediante el uso de la técnica de grabaciones de video.
- Representar los conceptos mediante el uso de ejemplos registrados en video, juego de roles y mediante la recreación de actividades de enseñanza.
- Análisis de situaciones de la sala de clases simulados, grabados en video, u observados.

- Probando y reflexionando acerca de un concepto en ejercicios de escritos, en juegos de roles, y en situaciones de enseñanza-aprendizaje.
- Probando diferentes métodos de trabajo y aprendizaje.

## **Estándares relacionados con las materias para la formación de profesores**

Tal como fue mencionado anteriormente, se desarrolló de manera aislada una lista de competencias relacionadas con los contenidos. Para cada tema se especifican competencias que se refieren a competencias en la ciencia y competencias pedagógicas. En la didáctica de la Física podemos encontrar las siguientes competencias:

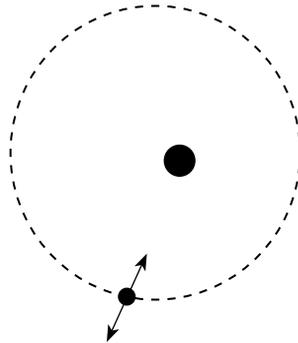
Al finalizar los estudios para convertirse en un profesor de física los egresados son expertos acerca de:

- Ideas didácticas,
- Resultados de las investigaciones en el área acerca de la enseñanza/aprendizaje,
- Dificultades para comprender la física y nociones previas de los alumnos,
- Posibilidades de motivar a los alumnos para aprender acerca de la física,
- Planificar y diseñar lecciones de acuerdo a sus propias experiencias y desarrollando las lecciones,
- Las bases de los procesos de enseñanza y aprendizaje que están orientados hacia los estándares y competencias.

En un programa de estudio para futuros profesores de Física uno de los aspectos más significativos de la preparación es desarrollar su capacidad de diagnosticar los problemas de aprendizaje de los alumnos e identificar sus conocimientos previos. Sucede muy a menudo que los profesores incluso después de sus estudios de Física mantienen las mismas ideas que los alumnos en las escuelas. Los formadores de profesores de todas las universidades han experimentado cuan consolidados se encuentran estos prejuicios, y para los futuros profesores es una observación valiosa que pueden hacer con ellos mismos y que a pesar de su aprendizaje de Física

algunas nociones sobreviven de manera efectiva. Es una situación que encontrarán frecuentemente más tarde en sus salas de clase. Entre los prejuicios que son particularmente constantes encontramos aquellos conectados con las propiedades de las fuerzas. Un ejemplo que es descrito muy a menudo es la reacción de los estudiantes (en la escuela y en la universidad) a la pregunta: ¿Qué fuerzas actúan sobre un pequeño cuerpo que se desplaza alrededor de uno más grande en el espacio (ejemplo: la luna alrededor de la Tierra)? Hay un porcentaje muy alto de alumnos de todas las edades que dibujan el siguiente bosquejo:

Figura 1. La concepción diaria (y errada en términos científicos) de una fuerza centrífuga activa (flecha que sale desde el pequeño cuerpo hacia el exterior) es tan fuerte que es difícil señalar sistemas de referencias distintos que vayan a ser considerados por los estudiantes. Un dibujo correcto solo debería indicar la fuerza centrípeta o fuerza de gravedad en el ejemplo de la luna orbitando alrededor de la Tierra (flecha que sale desde el pequeño cuerpo con dirección al centro).



## El aspecto olvidado del contenido

No sólo en los estándares, sino que también en el área de la investigación y del desarrollo de la educación científica, un aspecto que ha sido expuesto insuficientemente son las preguntas relacionadas con el contenido en el contexto de aprendizaje y enseñanza. Por un período de tiempo muy largo estas preguntas fueron discutidas en publicaciones que tratan sobre los criterios del desarrollo del currículo. Durante las últimas dos décadas, la investigación y el desarrollo en la educación científica y, por consiguiente, en la

educación del profesor, la mayoría de los esfuerzos por mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia se enfocaron en investigaciones de procesos utilizando ideas básicas de la psicología cognitiva en la investigación de enseñanza y aprendizaje. Este cambio desde un desarrollo e investigación orientados al currículo hacia una perspectiva psicológica acerca de la enseñanza y aprendizaje fue acompañado por un proceso de marginación de contenido. La función del contenido fue cada vez más subestimada en los estudios empíricos acerca la enseñanza y aprendizaje. “Un olvido de este tipo es sorprendente dado que las necesidades deben ser específicas acerca de los temas del conocimiento, cuando nos referimos al currículo de ‘las sociedades del conocimiento’: Por consiguiente, *lo que deberíamos enseñar* es subsecuentemente presionado dentro del contexto” (Klette, 2008: 4).

En esta situación una tradición europea puede ser correctiva, combinando temas relacionados con contenido por una parte y aspectos psicológicos que se enfocan en procesos de aprendizaje por la otra. Esta tradición, llamada didáctica (del Alemán: Didaktik) provee al profesor de un lenguaje y una estructura intelectual con la que el o ella es capaz de examinar detenidamente los temas del currículo exigidos por el Estado, relativo a sus contribuciones hacia una educación centrada en valores para los estudiantes. El profesor como profesional de la práctica tiene que integrar los tópicos dentro de un contexto educacional. La didáctica “busca modelar las formas del pensamiento de profesores que podrían orientarlo hacia una reflexión hermenéutica sistemática acerca de las maneras en que el entorno de la sala de clases podría apoyar un encuentro subjetivo personal, o relación, con el ‘contenido’ educativo representado en el currículo, la última forma de vida social, y temas relacionados” (Westbury, 1998: 57).

La didáctica ofrece una respuesta a muchos críticos que señalan que el mejoramiento de la enseñanza de la ciencia y el aprendizaje no sólo es una cuestión de métodos de enseñanza, sino que también es un tema de contenidos científicos. Peter Fensham (2001) le recuerda a la comunidad científica “que el conocimiento disciplinario de la ciencia no es adecuado automáticamente para los cursos de ciencias en la escuela” (p. 38). Se necesitan criterios

para los procesos de selección de temas, su elementalización y su construcción para la instrucción, la última parte del proceso completo que incluye las condiciones cognitivas y afectivas previas de los alumnos (como por ejemplo: Duit *et al.*, 1997, ver también Duit *et al.*, 2007).

Hace más de cincuenta años atrás el científico alemán especializado en la educación Wolfgang Klafki presentó sus reflexiones acerca de una posible transformación desde los contenidos de la materia hasta los contenidos educativos. Propuso una serie de cinco preguntas como una guía que acompañe las reflexiones del profesor cuando planifique sus clases, esto quiere decir cuando diseñe “una o varias oportunidades para los niños de tener encuentros fructíferos con ciertos contenidos de la educación (Bildungsinhalte)” (Klafki, 2000: 143). La pregunta de partida para el análisis didáctico se refiere a la situación del profesor al comienzo de la planificación de su clase: “Por consiguiente, ¿qué preguntas debería hacerse un profesor durante la etapa preliminar de la preparación educativa?” (Klafki, 2000: 151).

Las siguientes preguntas reflejan una amplia gama de reflexiones que, según el autor, se pide que los profesores se hagan a sí mismos:

¿Qué sentido amplio o general de la realidad ejemplifica o presenta este contenido al estudiante? ¿Qué fenómeno básico o principio fundamental, qué ley, criterio, problema, método, técnica, o actitud puede entenderse al lidiar con este contenido como un ‘ejemplo’?.

¿Qué importancia tiene el contenido en cuestión, o la experiencia, conocimiento, capacidad, o habilidad a ser obtenida a través de este tema y a formar parte de la mente de los niños en mi clase? ¿Qué importancia debería tener desde un punto de vista pedagógico?

¿Qué constituye la trascendencia del tema para el futuro de los niños?

¿Cómo se encuentra estructurado el contenido (el que ha sido situado dentro de una perspectiva pedagógica específica por las Preguntas I, II, y III)?

¿Cuáles son los casos especiales, fenómenos, situaciones, experimentos, personas, elementos de la experiencia estética, etc., en donde en términos de la estructura del contenido en la pregunta puede llegar a ser interesante, estimulante, asequible, posible, o vívido para niños de la etapa de desarrollo de su clase?

En Alemania y otros países, las generaciones de profesores en formación fueron introducidos al procedimiento de análisis de la “Didaktik”, el que ayuda a los profesores a reflexionar acerca de la contribución de contenidos de la escuela para desarrollar los conocimientos básicos científicos y tomar decisiones basadas en el contenido con base en este análisis. Los profesores en formación aprenden que las reflexiones acerca de estas preguntas no entregan respuestas definitivas, sin embargo, generan una conversación –preferentemente entre colegas– en el que se intenta que la instrucción, las perspectivas cognitivas, sociales, y afectivas, y la estructura científica de un tema bajo discusión, se relacionen, para que de esta forma al finalizar, el proceso iterativo (repetitivo) una estructura de contenido apropiada para que la instrucción se haga visible (“reconstrucción educacional” (Duit *et al.*, 1997: 602, Kattmann *et al.*, 1995). En muchos casos un consenso acerca de dominios más amplios con respecto a los contenidos es alcanzado fácilmente, pero es esencialmente más difícil de escrutar en los detalles.

No hay duda que los principios de la física cuántica son un gran ejemplo de la física moderna. El efecto de la fotografía y el experimento de Franck-Hertze están ampliamente aceptados como parte del programa de los cursos de enseñanza secundaria; la mayoría de los profesores concuerdan en que estos efectos puedan ser aprendidos por alumnos sin problemas serios de aprendizaje. Pero ¿qué hay con el efecto Compton? ¿Cuán importante es este efecto para entender los principios de la física cuántica?

Algunos aspectos de las preguntas de Klafki han sido tomados y desarrollados más profundamente por pedagogos que, bajo varias perspectivas, han contribuido a los esfuerzos que buscan mejorar la educación científica. Por ejemplo, la segunda pregunta de Klafki abarca el conocimiento anterior de los estudiantes y sus

nociones, pero también incluye sus emociones conectadas con el tema. En una propuesta que recibió amplia atención, Klafki, sugirió intentar llegar a una educación general mediante la orientación hacia “temas clave” que son definidos como típicos para un período específico de tiempo. Para nuestra existencia cultural, temas como “la paz”, “el medio ambiente”, “el impacto de la tecnología en la sociedad”, “los derechos humanos”, y otros serán considerados clave. La noción de ‘sociedad de la ciencia y tecnología’ (STS) puede ser interpretada como parte de esta idea. El intento de obtener tópicos concretos a partir de en una estructura global falla necesariamente, tomando en cuenta los criterios de Klafki en su conjunto. El análisis didáctico de Klafki no ofrece un medio para una determinación detallada de temas en la enseñanza de la ciencia, pero ayuda a los profesores a reflexionar acerca de los criterios que están orientados hacia las condiciones previas cognitivas y emocionales de los estudiantes, además, hacia la importancia de los tópicos en las vidas actuales y futuras de los estudiantes y en los requisitos de la sociedad.

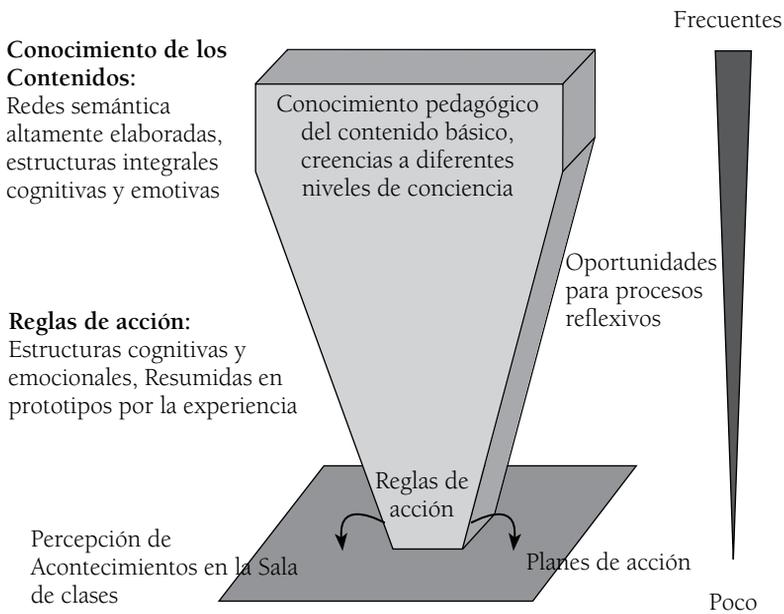
## **Las competencias y qué hacer en una sala de clases**

Existen varios modelos que describen la relación entre el conocimiento y la acción en general, y entre el conocimiento pedagógico de los profesores y sus decisiones en la sala de clases en particular. Uno de los modelos más simples y que obviamente está equivocado, es el modelo “el conocimiento informa a la acción”. Con el apremio del tiempo en situaciones normales en la sala de clases no es posible para el profesor consultar teorías pedagógicas antes de reaccionar ante un evento en particular. El profesor debe reaccionar dentro de un período breve de tiempo, normalmente dentro de unos pocos segundos. Dependiendo de su experiencia, el profesor ha desarrollado rutinas en las cuales su percepción de situaciones en la sala de clases y sus planes de acción están interconectados. Estas rutinas forman las reglas de acción del profesor que se encuentran influenciadas por el conocimiento pedagógico del contenido de los profesores y sus creencias acerca de los prin-

cipios pedagógicos. El cuerpo de conocimientos y creencias es la base para la toma de decisiones en la sala de clases por parte de los profesores, pero también los son sus experiencias en la sala de clases. Estas consideraciones pueden ser resumidas por el siguiente esquema.

El énfasis en experiencias prácticas como fuentes para las acciones de los profesores se relaciona con las propuestas que consideran la interrelación entre el conocimiento y la acción como una interacción con impacto mutuo. Una de las características de estos procesos es que los actores no están totalmente conscientes de los detalles de estos procesos.

Figura 2. Esquema que muestra la relación entre los conocimientos y creencias de los profesores y sus acciones (Basado en: Wahl, 1995).



Una posición que es consecuente, pero no reconocida por todos los expertos educativos, es la presentada por Donald Schön y otros que cuestionan la opinión tradicionalmente sostenida que dice que “la teoría informa la acción”. Si tomamos y desarrollamos la frase de Michel Polanyi “conocimiento tácito, no podemos saber más de lo

que podemos decir” (Polanyi, 1966:4). Donald Schön ha descrito a profesionales que “piensan en acción”. Schön (1983) argumenta en contra de la idea de una progresión sucesiva de pensamientos y actos: “Una vez que dejamos atrás el modelo de Racionalismo Técnico, el que nos lleva a pensar de una práctica inteligente como una *aplicación* de conocimiento para decisiones instrumentales, no hay nada raro acerca de la idea que un tipo de conocimiento es inherente en una acción inteligente” (Schön, 1983: 50). Según Schön, a menudo, llevamos a cabo acciones sin ninguna necesidad de “pensar acerca de ellas antes o durante su ejecución” y “usualmente, somos incapaces de describir el conocimiento que nuestra acción deja ver” (Schön, 1983: 54). Por lo tanto, conocimiento en acción, es “el modo característico de conocimiento práctico común” (p. 54). Schön sostiene que como regla los practicantes experimentados no actúan de acuerdo a un modelo consecutivo –primero la teoría, después la práctica– sino que actúan de una manera intuitiva e improvisada utilizando su conocimiento en acción (Schön) o conocimiento tácito (Polanyi) que usualmente no es asequible para un observador o para el actor en sí mismo.

Bajo esta perspectiva, la noción de conocimiento pedagógico del contenido de Shulman y muchos otros autores, que se centra en “conocimiento” y “comprensión”, deja fuera algunos hechos y limita demasiado su perspectiva. De expertos en general y profesores en particular esperamos tener “no conocimiento almacenado mentalmente, sino que la capacidad de percibir, pensar y actuar de hábilmente, hacer ciertas cosas como las haría un experto. Estamos interesados en el conocimiento en uso más que el conocimiento como estado” (Neuweg, 2004: 2).

En el caso de profesores en pre-servicio y profesores principiantes otro problema refuerza la separación de, por un lado conocimiento almacenado y orientaciones de acción por otro. En varios estudios fueron encontradas discrepancias entre las intenciones de profesores para actuar –basadas en su conocimiento– y sus acciones en la sala de clases (Fischler, 1994).

La interpretación de este dilema se refiere a las demandas especiales sobre el trabajo de los profesores: “los profesores deben

aprender a ponderar los dilemas difíciles y a tomar e implementar decisiones en el momento; poner en acción sus planes de manera efectiva además de modificar los planes para circunstancias imprevistas mientras que se encuentran enseñando; para responder a los niños y representar de buena forma el material que están enseñando” (Hammerness *et al.*, 2005: 370).

## **Grabación en video del proceso de enseñanza – un medio muy eficiente**

De acuerdo a las consideraciones antes mencionadas, la capacidad de integrar la teoría y la práctica para enseñar ciencia es una de las metas más importantes en la formación de profesores. Pero ¿cómo es posible integrar ejemplos orientados a la práctica en los cursos de formación de profesores? En la lista de métodos para ser usados en la formación de profesores un aspecto cumple una importante función, este es el uso de registros grabados en videos de situación de enseñanza-aprendizaje. En la siguiente sección de este artículo, se menciona el supuesto que el desarrollo de competencias de enseñanza es apoyada por: demostrar conceptos por medio de ejemplos grabados en cámara de video, actividades de juego de roles y situaciones simuladas de enseñanza, presentando ejemplos concretos para conceptos teóricos utilizando estudios de video, y analizando situaciones complejas simuladas, grabadas, u observadas.

El siguiente ejemplo muestra el poder de la grabación de escenas. Después de tres semanas enseñando óptica en una escuela secundaria, el profesor dibuja una situación en la pizarra. (El sol en lo alto, un árbol en el medio y un ojo enfrente del árbol).

El profesor pregunta a los alumnos:

*Ahora hemos aprendido bastante acerca de la óptica, especialmente acerca de cómo consideramos el proceso de ver.*

*¿Quién de ustedes puede mostrarnos por qué podemos ver un árbol?*

(Entre todos los estudiantes que levantaban su mano, uno de ellos

obviamente parecía tenerlo más claro, por lo tanto lo llama a él para demostrar la solución en la pizarra)

El alumno se dirige a la pizarra y comienza a dibujar flechas. Una flecha va desde el sol hasta el árbol y la segunda flecha va desde el ojo hacia el árbol. El estudiante comenta sobre este dibujo: los rayos del sol alcanzan al árbol y por lo tanto podemos ver el brillante árbol.

El profesor reacciona con desaprobación, pero sin decir una sola palabra. En ese momento el video se detiene.

Esta es una situación real de una sala de clases y los profesores-estudiantes quienes han visto esta escena se le pregunta que opinan acerca de esta situación. Primero que todo todas las preguntas que podían ser formuladas que se refieren a los problemas inherentes de esta escena.

- ¿Cuáles serían las razones que tuvo el estudiante para dar una descripción equivocada?
- ¿Cuál sería la reacción apropiada del profesor? ¿Cuántas alternativas para reaccionar tiene el profesor para esta situación?
- ¿Reacciona “correctamente” el profesor al desaprobación la respuesta del alumno?

Se discuten las propuestas de los profesores-estudiantes de lo que sería una reacción apropiada y también son consideradas teniendo en cuenta las posibles consecuencias:

- El profesor le da suficiente tiempo al alumno en la pizarra para reflexionar sobre el posible error que ha cometido.
- El profesor le pide a otros estudiantes que lo ayuden lo que quiere decir que le indiquen la dirección correcta de las flechas.
- El profesor le pide al estudiante que vaya a sentarse y le pide a otro estudiante que sea capaz de resolver el problema.
- Sólo hay cuatro estudiantes (entre 25 de ellos) que levantan la mano señalando que pueden responder la pregunta. El profesor ve que solo una minoría ha entendido el principio de la visión y decide comenzar una repetición de este tema.

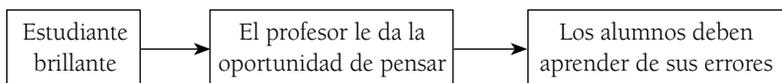
Hay varias otras reacciones posibles dependiendo del contexto de esta situación. Este es el resultado principal del trabajo con uso de videos, es decir que los profesores en formación generan contextos y tratan de incorporar sus acciones preferidas dentro de estos contextos. Numerosos ejemplos para trabajar con estos videos en la formación de profesores son detallados en un libro editado por Brophy (2004).

Para hacer que la discusión acerca del incidente crítico sea estructurada y transparente hay un método que puede ser aplicado y que entrega a los participantes la oportunidad de centrarse en las ideas básicas de sus contribuciones. La base de este método es un mapa que refleja la estructura fundamental de cada situación en que profesores y alumnos actúan.

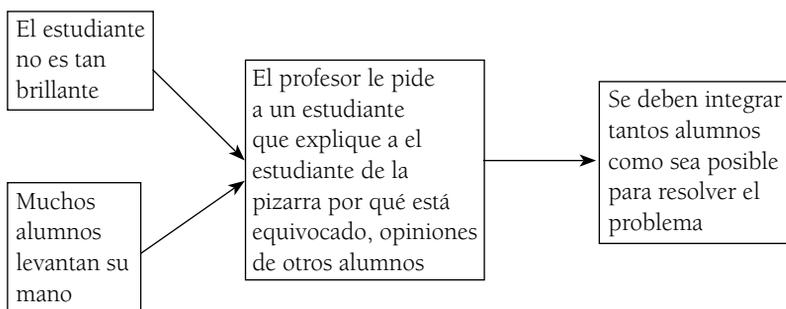
Hay una situación en donde el profesor tiene que reaccionar. El/ella toma una decisión de acuerdo a sus objetivos de enseñanza. El mapa en su forma más simple consiste de tres elementos:



El siguiente paso es hacer concretar las diferentes fases con las posibles alternativas para la situación, para la decisión del profesor, y para el objetivo que está guiando la decisión del profesor. Ejemplo: El alumno es un estudiante brillante. En este caso el profesor le da la oportunidad al estudiante de pensar acerca de su error. La meta del profesor es que el estudiante aprenda de sus errores. Bajo esta estructura esta alternativa puede ser esquematizada de la siguiente forma:



Una situación más compleja se produce cuando el profesor quiere integrar la clase completa en el proceso de enseñanza:



La versión extendida de esta descripción es: El profesor sabe que el estudiante en la pizarra no es el más brillante de la clase y él ve que muchos estudiantes en la sala de clases están levantando su mano. Él quiere que los alumnos se integren y busquen una solución para el problema. De otra manera, él quiere que el estudiante en la pizarra no se sienta excluido del proceso. Por lo tanto, el profesor pide que un estudiante le explique por qué está equivocado. Otros estudiantes pueden agregar sus comentarios. La meta del profesor es integrar tantos estudiantes como sea posible en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

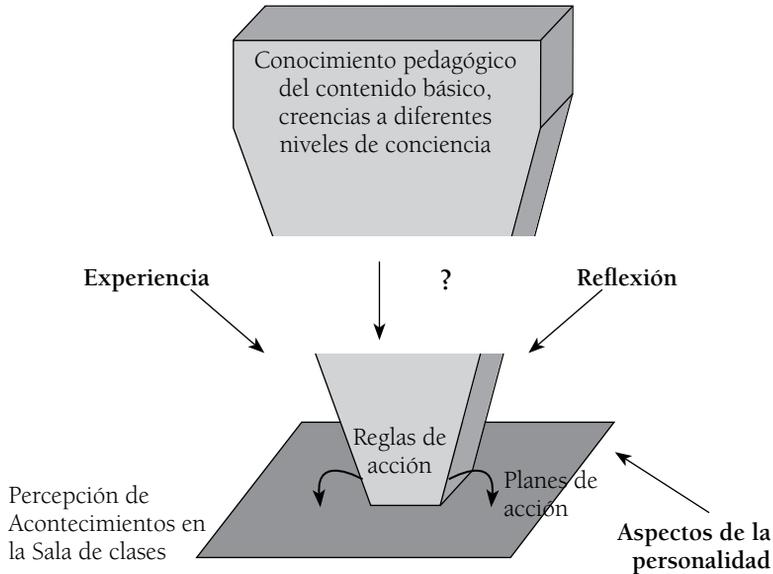
## Impacto en la toma de decisiones del profesor

Desde la perspectiva de una opinión tácita del conocimiento Georg Hans Neuweg (2004, 2005) retrata la manera en que se puede ayudar a los futuros profesores a lograr progresos explícitos en los procesos de profesionalización.

Neuweg especifica cuatro condiciones previas para la aparición de experticia pedagógica: (1) Experiencia, (2) Conocimiento, (3) Reflexión, y (4) Personalidad.

Desde este punto de vista, el siguiente bosquejo sería más adecuado para la descripción de los factores que influyen las acciones de los profesores:

Figura 3.- Factores que influyen las acciones de los profesores.



(1) **Experiencia:** la forma de actuar intuitiva e improvisada no es primeramente determinada por los planes, sino que por sobre todas las cosas por un compromiso sensible en una “situación de incertidumbre, inestabilidad, singularidad, y conflicto de valor” (Schön, 1983: 49). Debido a que el conocimiento implícito (conocimiento en acción) no puede ser explícito, un profesor novato es dependiente del proceso de aprender a través de la experiencia (aprender haciendo). Los períodos de práctica probablemente son medios apropiados para cumplir con estas exigencias. Por supuesto, estas etapas deben conectarse con reflexiones profundas acerca de la relación entre las acciones observadas y la planificación subyacente del actor, conocimiento, creencias acerca la enseñanza y aprendizaje y los principios pedagógicos.

Con esta condición previa, la siguiente declaración está completamente justificada: “... no necesitamos tantas teorías, artículos, libros, y otros asuntos conceptuales, sino que primero y más importante, necesitamos situaciones concretas, experiencias, conocer personas, ejecución de planes, y reflexionar acerca de sus consecuencias” (Kessels & Korthagen, 1996: 21). Con esta perspectiva de Schön, es evidente que se enfatizó la importancia de

una “práctica reflexiva” en donde un novato tiene la oportunidad de conocer a otros practicantes con “sus modos de hacer las cosas, limitaciones, lenguajes, y sistemas apreciativos, su repertorio de prototipos, conocimiento sistemático, y patrones de conocimiento en acción” (Schön, 1987: 36/37).

Las interacciones entre practicantes que cumplen la función de guías y, algunas veces más importantes, con sus compañeros, llevan hacia reflexiones y procesos de aprendizaje que van “más allá de las reglas... mediante la construcción y prueba de nuevas categorías de comprensión, estrategias de acción, y formas de afrontar los problemas” (Schön, 1987: 39).

(2) **Conocimiento:** además de la problemática del conocimiento que se asume guía las acciones, otra categoría de conocimiento es importante para los profesores: Es el conocimiento que prepara sus acciones en la sala de clases, conduce sus percepciones en las situaciones de la sala de clase y los ayuda a justificar sus decisiones. Aunque el conocimiento científico en sí mismo no puede producir excelencia en la práctica, un profesional tiene que ser capaz de demostrar que sus decisiones son razonables bajo una perspectiva científica.

(3) **Reflexión:** en la investigación mencionada anteriormente con profesores de matemáticas uno de los resultados se refiere a la pregunta si los profesores expertos o más experimentados son más competentes al momento de activar cognitivamente a los estudiantes. No se encontró ninguna correlación. La experiencia en sí no contribuye a la experticia pedagógica. Para ayudar a que los profesores-estudiantes obtengan mayores experiencias de buena calidad es necesario ofrecerles interacciones entre los encuentros de la práctica, reflexión acerca de su práctica, y más acción y experimentación. Así que se puede desarrollar un *habitus* reflexivo.

(4) **Personalidad:** el paradigma de la personalidad no cumple un rol fundamental en la investigación contemporánea sobre profesores. Las variables dentro de la categoría “funcionamiento psicológico” se acercan a la dimensión de la personalidad, pero no completamente. Durante la formación de profesores es importante

informarles acerca de la relevancia de las características personales individuales para la carrera profesional y ofrecerles posibilidad de experiencia.

## **Comentarios Finales**

¿A qué conclusiones se puede llegar a partir de estas declaraciones, posiciones, y juicios desarrollados anteriormente? No existe un plan maestro que conduzca a los profesores de ciencias hacia la experticia para fomentar las competencias de sus estudiantes. Pero a distintos niveles y en varios contextos existen elementos, facetas y sugerencias acerca de como aproximarse a situaciones en que los futuros profesores obtienen ideas acerca de cómo desarrollar las competencias de los alumnos.

## **Congruencia entre los objetivos y la experiencia**

Uno de los requisitos básicos es que los profesores en formación experimenten por ellos mismos aquellas situaciones que pensaban crear como profesores en la sala de clases. Los formadores y profesores en formación tienen que estar conscientes de que no solamente hablan acerca de principios didácticos, sino que permanentemente los generan. Es una especie de “autobús de dos pisos” (Wahl, 2001: 163), el formador tiene que demostrar un comportamiento profesional cuando se refiere acerca de esta situación. Por ejemplo, no es suficiente con tan solo informar a los profesores en formación acerca de las características de investigación orientadas a la enseñanza y el aprendizaje y señalarles cómo diseñar entornos de aprendizaje que permitan a los estudiantes realizar un experimento de manera autónoma. Los futuros profesores deben tener la oportunidad de explorar los problemas experimentales por sí mismos, confrontarse con ideas que no pueden ser entendidas rápidamente (como sucede normalmente con los alumnos en las escuelas) y reflexionar acerca el potencial de la actividad para contribuir a procesos dirigidos hacia las competencias.

## Conocimiento

Tal como se expuso en párrafos anteriores, el conocimiento del contenido, además del conocimiento pedagógico del contenido no es prescindible, debido a que muy a menudo es una condición previa necesaria para los procesos de instrucción en que el profesor pueda justificar sus decisiones como medios de evidencia en la educación científica. Generalmente, se acepta que ambos tipos de conocimiento son suficientes para una buena práctica de la enseñanza. Pero la función del conocimiento para las acciones de los profesores tiene que ser considerada de manera más cuidadosa. En la mayoría de los ámbitos, los estudios universitarios se forman de manera predominantes por la noción de la racionalidad técnica. Los expertos nos señalan que esta noción debe ser cuestionada en general, pero especialmente en la formación de los profesores. El conocimiento tácito o el conocimiento en acción requieren atención más cuidadosa referente a la pregunta de cómo apoyar su desarrollo.

## Reflexión

Planificar, desarrollar, y analizar una lección necesita de manera permanente la reflexión acerca de las metas de la educación científica, acerca de las elecciones apropiadas de los temas para la instrucción de la ciencia, acerca de los métodos que respaldan los procesos que llevan hacia las competencias y acerca de las preguntas de cuales son las características esenciales de las competencias de los estudiantes y que competencias en la ciencia todavía son relevantes. Siguiendo las ideas de la didáctica, un profesor está constantemente consciente y puesto a prueba para reflexionar acerca de la toma de sus decisiones antes de, durante, y después de los eventos que tienen lugar en la sala de clases.

## Referencias

- Bologna (1999). The European Higher Education Area. The Bologna Declaration of 19 June 1999. Joint declaration of the European Ministers of Education. [http://en.wikisource.org/wiki/Bologna\\_Declaration\\_of\\_19\\_June\\_1999](http://en.wikisource.org/wiki/Bologna_Declaration_of_19_June_1999). Obtenido 2 de Noviembre de 2009.
- Brophy, J. (Ed.) (2004). *Using Video in Teacher Education*. Amsterdam et al.: Elsevier.
- DPG (2006). *Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik*. Bad Honnef: Deutsche Physikalische Gesellschaft.
- Duit, R., Komorek, M., Wilbers, J. (1997). Studies on educational reconstruction of chaos theory. *Research in Science Education*, 27: 339-357.
- Duit, R., Niedderer, H., Schecker, H. (2007). Teaching Physics. En: S. K. Abell, N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 599-629). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Fensham, P. J. (2001). Science Content as Problematic – Issues for Research. En H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross, et al. (Eds.), *Research in Science Education – Past, Present, and Future* (pp. 27-41). Dordrecht et al. Kluwer.
- Fischler, H. (1994). Concerning the difference between intention and action. - Teachers' conceptions and actions in physics teaching. En: I. Carlgren, G. Handal, S. Vaage (Eds.), *Teachers' Minds and Actions. Research on Teachers Thinking and Practice* (pp. 165-180). London: Falmer.
- Hammerness, K., Darling-Hammond, L., Bransford, J., with Berliner, D., Cochran-Smith, M., McDonald, M., Zeichner, K. (2005). How Teachers Learn and Develop. En: L. Darling-Hammond & J. Bransford (Eds.), *Preparing Teachers for a Changing World. What Teachers Should Learn and Be Able to Do* (pp. 358-389). San Francisco: Jossey-Bass.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießler, H., Komorek, M. (1995). *A model of educational reconstruction*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST). San Francisco.
- Kessels, J.P.A.M., Korthagen, F.A.J. (1996). The relationship between theory and practice. Back to the classics. *Educational Researcher* 25: 17-22.

- Klafki, W. (2000). Didaktik Analysis as the Core of Preparation of Instruction. En: I. Westbury, S. Hopmann, K. Riquarts (Eds.), *Teaching as a Reflective Practice. The German Didaktik Tradition* (pp. 139-159). Mahwah, London: Erlbaum.
- Klette, K. (2008). Didactics meets Classroom Studies. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9: 101-114.
- Kunter, M., Klusmann, U., Dubberke, T., Baumert, J., Blum, W., Brunner, et al. (2007).
- Linking aspects of teacher competence to their instruction. Results from the COACTIV project. En M. Prenzel (Ed.), *Studies on the educational quality of schools* (pp. 39-59). Münster: Waxmann.
- Lortie, D. (1975). *Schoolteacher*. Chicago: University of Chicago Press.
- Merzyn, G. (2003). *Stimmen zur Lehrerausbildung*. Hohengehren: Schneider.
- Neuweg, G. H. (2004). *Tacit Knowing and Implicit Learning*. Hohengehren: Schneider.
- Boreham, B. Nyhan (Eds.). *European Perspectives on Learning at Work: The Acquisition of Work Process Knowledge* (pp. 130-147). Cedefop Reference Series; 56. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. <http://www.wipaed.jku.at/images/stories/forschung/tacitknowing.pdf>. Obtenido 2 de Noviembre de 2009.
- Neuweg, G. H. (2005). Emergenzbedingungen pädagogischer Könnerschaft. En H. Heid, G. Harteis (Eds.), *Verwertbarkeit. Ein Qualitätskriterium (erziehungs) wissenschaftlichen Wissens?*(pp. 205-228). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Garden City, New York: Doubleday & Co.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York, London: Teachers College Press.
- Schön, D.A. (1987). *Education the Reflective Practitioner*. San Francisco, London: Jossey-Bass.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15: 1-22.
- Wahl, D, Wölfling, W, Rapp, G., Heger, D. (Eds.) (1995). *Erwachsenenbildung konkret. Mehrphasiges Dozententraining. Eine neue Form erwachsenendidaktischer Ausbildung von Referenten und Dozenten*. Weinheim: Deutscher Studien-Verlag.

- Wahl, D. (2001). Nachhaltige Wege vom Wissen zum Handeln. *Beiträge zur  
Lehrerbildung* 19: 157-174.
- Westbury, I. (1998). Didaktik and Curriculum Studies. En B. B. Gudem,  
S. Hopmann (Eds.), *Didaktik and, or Curriculum. An International  
Dialogue* (pp. 47-78). New York, Bern et al.: Lang.



# Capítulo 4. El apoyo al futuro profesor en el contexto de la escuela: en búsqueda de la cooperación en la formación de los profesores de Ciencia

Martin Braund<sup>8</sup>

---

## Introducción

Generalmente, en muchos países los futuros profesores desarrollan sus conocimientos profesionales para la enseñanza a través de dos situaciones de aprendizaje, en cursos universitarios y mediante la práctica de la enseñanza en las escuelas. En el Reino Unido existen al menos cinco vías distintas de formación para la enseñanza, pero para los profesores de ciencias de la enseñanza secundaria, la más común es realizar un curso de postgrado de un año (PGCE) que consta de dos partes. La primera de ellas se realiza en una institución de formación profesional (generalmente en el departamento de educación de una universidad o en una institución de educación superior) y trata sobre el conocimiento de alguna especialidad, el conocimiento pedagógico del contenido (CPC) y el conocimiento de los sistemas y procesos educativos. La segunda parte (y la más extensa) ocurre en las escuelas y brinda a los futuros profesores la oportunidad de observar las clases dictadas por profesores con experiencia, planificar y realizar sus propias clases y reflexionar acerca de su propia práctica y la de otros profesores

---

8 Magister en Educación en Ciencias de la Educación, Universidad de Leeds. Profesor adjunto en la Facultad de Educación y Ciencias Sociales en la Universidad de Tecnología de la Península de Cabo, Ciudad de Cabo, Sudáfrica y miembro honorario en el Departamento de Estudios Educativos de la Universidad de York, Reino Unido. E-mail: mb40@york.ac.uk.

(Fleming 2004; Teaching Training Agency, 2003). Abundan en la literatura investigaciones que abordan el tema de la efectividad de los lazos entre estas dos partes en la formación de profesores y una forma de lidiar con esta situación es a través del desarrollo de vínculos entre las escuelas y universidades. Esto último será tratado en detalle más adelante.

En el Reino Unido, el elemento centrado en la escuela que es parte de la formación de profesores en práctica (antes de comenzar a trabajar de profesor) se denomina “práctica de la enseñanza” y en otros países se le conoce como “período de práctica (*practicum*)”. Desde principios de la década de los 90, en el Reino Unido el *practicum* durante el PGCE se ha convertido en la instancia más importante (más del 75%). Debido a que en estos momentos el *practicum* representa una importante contribución a la formación de profesores, es importante considerar las formas en que los profesores más experimentados en las escuelas de formación pueden apoyar mejor el desarrollo del futuro profesor y en qué grado este último puede influenciar al profesor experto. En el primer caso, el tema ha sido extensamente documentado y estudiado, pero el segundo caso no ha recibido la suficiente atención investigativa.

## Para comenzar algunas preguntas

¿Qué tipo de apoyo debe proporcionar el profesor experto al futuro profesor? ¿Hay alguna diferencia en el caso del apoyo que se otorga al futuro profesor de ciencias? ¿Qué puede aportar el profesor en formación a un profesor experto que le sirve de guía o mentor?

El profesor experto apoya al futuro profesor (practicante) en dos niveles. El primero es funcional y en cierto modo mecánico, e incluye la entrega de un programa de enseñanza, acceso a recursos, personal y conocimiento de la política de la escuela, procesos y protocolos. El segundo es más profundo y tiene relación con la necesidad de establecer una comunicación para compartir la experiencia profesional y el conocimiento de los contenidos. Furlong y Maynard (1995) sugieren tres formas en que el profesor experto podría contribuir al fortalecimiento de los conocimientos

profesionales en la práctica de la escuela; período de aprendizaje, competencia y reflexión. El modelo del período de aprendizaje en la formación de profesores fue muy popular en Gran Bretaña antes de la década del '70, y tenía como fundamento la noción en que el profesor 'mentor' o tutor era el que supervisaba y guiaba el trabajo de los practicantes en la universidad y la escuela, y que además daba a conocer y evaluaba las habilidades necesarias y los contenidos a enseñar. Durante los '80 surgió la cultura de la "competencia", la cual aún prevalece, en la cual el proceso de enseñanza era analizado y descrito como una lista de cualidades a las que un profesor en formación debía aspirar y demostrar evidencia de su dominio. Junto a este modelo de competencia centrado en la medición podemos encontrar el concepto del "practicante reflexivo" que se origina en parte del trabajo de Donal Schön quien a su vez recoge el trabajo de varias investigaciones realizadas en situaciones de la formación y de la relación profesor experto-practicante. Schön advirtió que los profesionales con experiencia tienen un valioso conocimiento situacional del lugar de trabajo y su rol como profesional en el mismo, el que debe ser reconocido, destacado y traspasado a los principiantes a través de un proceso que el denominó 'reflexión en acción' (Schön, 1987).

Para los profesores de ciencia que se encuentran en proceso de práctica, existen requisitos adicionales para la "reflexión en acción" que podrían incluir discusiones acerca del uso de actividades prácticas y el entorno del laboratorio, los conceptos más complejos que enseñar, las preconcepciones más frecuentes en el área de las ciencias a enseñar, la visión de la naturaleza y los propósitos de la ciencia como disciplina y sus métodos, a través de los cuales los alumnos pueden acceder a conceptos más abstractos tales como la energía, la teorías de herencia y molecular, mediante el uso de modelos análogos y actividades empíricas de aprendizaje.

Mientras que los profesores expertos podrían admitir o ser persuadidos para aseverar que existen razones altruistas para querer capacitar a los futuros profesores, por ejemplo, una sensación de mérito profesional o ser protagonista en el proceso de formación de una nueva generación de profesores de ciencias, existen, además, beneficios adicionales que los incentivan a acogerlos. Estos

beneficios involucran un conocimiento más actualizado del currículo, sus métodos de enseñanza y los recursos que los profesores en formación a menudo llevan a la escuela, además del ‘entusiasmo de la juventud’. Más adelante, se tratará el tema de la relación especial en la que se suceden intercambios mutuos entre profesionales.

## Como hacer explícito lo tácito

En la literatura que aborda el tema del apoyo a los profesores en formación, conocido generalmente a través de un proceso denominado *Mentoría*, predominan las historias acerca de las dificultades que tienen los profesores expertos en el proceso de dar a conocer y compartir sus conocimientos profesionales. Los conocimientos didácticos de los profesores han sido llamados “conocimientos de oficio” y frecuentemente se le consideran como tácitos, ya que han sido integrados durante años de experiencia, y por lo tanto son complejos para explicarlos a otra persona –es común escuchar que los profesores con experiencia dicen cosas como, “Bueno, sólo *hago* las cosas de la forma en que sé que funcionan– pero no puedo explicar *cómo* o *por qué* funciona así.”

## ¿Cómo se puede ayudar a los profesores para que compartan su “conocimiento de oficio” (*Craft knowledge*)?

Según mi experiencia, existen dos maneras que pueden ayudar a los profesores expertos profesionales a reflexionar y compartir su conocimiento de oficio con sus colegas y con profesores en formación y ambas están relacionadas. La primera se relaciona con facilitar las *instancias* a través de las cuales ‘la reflexión cooperativa profesional’ puede producirse; y la segunda, tiene relación con la entrega de algunas herramientas o mecanismos que permitan la reflexión cooperativa. Es probable que los profesores que apoyan a los STs en las escuelas se sientan más cómodos participando conjuntamente en reflexiones cooperativas profesionales, primero

con otros colegas experimentados, antes de intentar y exponer su modo de actuar a los estudiantes. Sin embargo, si la filosofía de las escuelas refleja una política de ‘puertas cerradas’ en donde lo que hace cada profesor es su problema, y no el de todos, cualquier proyecto que implique la reflexión cooperativa está predestinado al fracaso. En el Reino Unido ha habido una tradición en aumento que proporciona instancias de reflexión que incluye:

1. Encuentros habituales. Por ejemplo, los profesores de escuelas que reciben profesores en formación en la calidad de “practicantes” se reunirán dos veces al año para discutir y comparar como se les brinda asistencia, revisan grabaciones en video en donde los practicantes señalan que clase de ayuda necesitan, comparten estrategias de evaluación, discuten como las nuevas prioridades en la enseñanza afectan el proceso de formación en las escuelas.
2. Mediante los programas proporcionados por el Desarrollo Profesional Continuo (DPC) de los profesores. Actualmente, en el Reino Unido existe el Centro de Red Nacional del Aprendizaje de las Ciencias (NNSLC, sigla en inglés) que entrega DPC de calidad y de un área específica de la ciencia, lo que requiere que los profesores reflexionen y compartan sus métodos y entreguen evidencia del impacto de los DPC en la enseñanza y el aprendizaje de los alumnos. Existen iniciativas que intentan unir los DPC con títulos profesionales más altos para los profesores, por ejemplo a nivel de Licenciatura/Maestría.
3. Generalmente, las universidades proporcionan capacitación específica para la tutoría y la preparación e instructores para profesores que apoyan por primera vez a los futuros profesores o “practicantes”.
4. Relacionando a los futuros profesores y la práctica o apoyando a los profesores en el co-desarrollo de recursos o metodologías que son nuevas o que son prioridad, áreas vanguardistas de la enseñanza de las ciencias (ver la próxima sección).

Recientemente, se han realizado algunas descripciones de mecanismos a través de las cuáles se puede facilitar la reflexión cooperativa y profesional de los profesores. En un ejemplo, Bishop y Denley (2007) entregan detalles de la Estimulación de Recuerdos

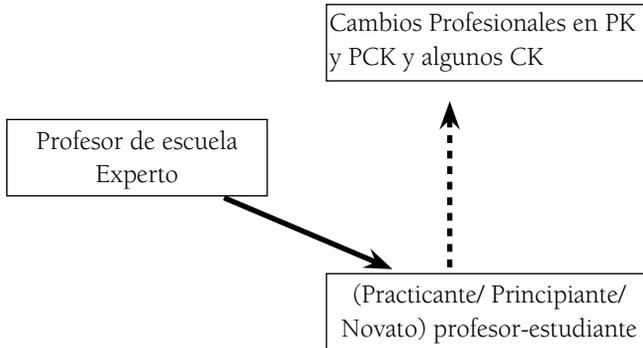
a través de Video (VSR, sigla en inglés). En esta técnica, una cámara de video es instalada para grabar la clase y luego se invita al profesor-estudiante a seleccionar extractos del video y discutirlos con el profesor guía. En otro caso, el profesor guía podría pedir al practicante seleccionar extractos centrándose en un aspecto específico de la enseñanza que tanto el profesor “practicante” como el profesor “guía” hayan acordado que debería ser el centro de sus discusiones tales como la interrogación diferenciada, trabajo en grupo, explicaciones durante las sesiones plenas o iniciales.

Loughran y otros han utilizado lo que se conoce como las Representaciones de Contenido (CoRes, sigla en inglés) y Repertorios de experiencia Pedagógica y Profesional (PaP-eRs, sigla en inglés) que consisten en registros escritos por profesores profesionales para ayudar a conceptualizar aspectos centrales del CPC para un tema específico de la ciencia. En estos métodos se da a conocer “las áreas clave de contenido, conocidas como concepciones alternativas, formas reveladoras para medir la comprensión de áreas conocidas de confusión y formas de construir ideas para apoyar el aprendizaje del estudiante” (Loughran et al., 2008, p.1305). Loughran y sus colegas recientemente han aplicado los métodos de CoRes y PaP-eRs en contextos de formación de profesores con un mediano grado de éxito.

## **La práctica de la enseñanza tradicional y la basada en la reforma**

En la mayoría de las prácticas de enseñanza (practicum) la relación profesional entre el profesor guía experto y el profesor practicante posee una característica en la cual el profesor guía tiene más conocimiento. En resumidas cuentas, por los procesos discutidos hasta ahora, lo que se exige es que el profesor entregue y comparta este conocimiento para ayudar al futuro profesor a avanzar a un lugar más cercano a la experticia y conocimiento que posee el profesor guía como experto (aunque no necesariamente al mismo nivel). Esta relación ‘tradicional’ se resume en la Figura 1 abajo.

Figura 1.- Relación en la práctica de enseñanza tradicional.



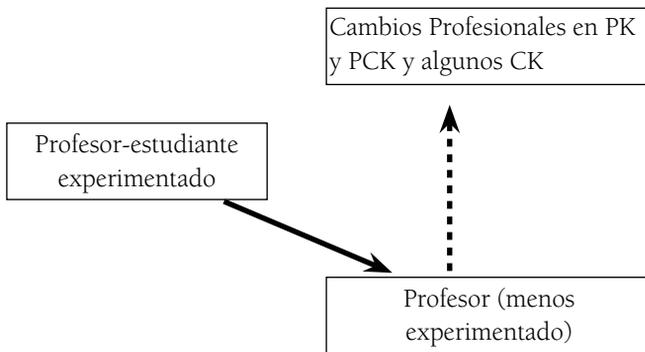
Sin embargo, existen situaciones en donde el profesor en formación ha adquirido conocimientos de experto y posiblemente algún tipo de experticia en un área de la ciencia o método de enseñanza que el profesor experto está menos familiarizado, aunque tenga una experiencia un poco más limitada en la enseñanza. Cada vez más estas situaciones son comunes en la medida que la velocidad de cambio de la enseñanza de las ciencias continúa. En estos ejemplos de la 'práctica de la enseñanza basada en la reforma' los roles a menudo son invertidos en la medida que los profesores-estudiantes en la actualidad tienen mayores conocimientos del contenido pedagógico y curricular acerca de una práctica específica que sus profesores guía, a pesar que en el conocimiento pedagógico general (de la organización, de la sala de clases, la construcción de grupos, etc.) pudiera aún seguir en el orden tradicional. Esta relación se resume en la Figura 2, más abajo.

En estas situaciones es importante dilucidar los mecanismos a través de los cuales los conocimientos profesionales de la enseñanza de estas nuevas áreas son co-construidos y son capaces de crecer y el grado en que la enseñanza basada en la reforma es criticada por ambos el profesor guía y el practicante. Las descripciones y el análisis acerca de cómo funcionan las relaciones en este tipo de situaciones están comenzando a surgir y han sido descritas por los siguientes ejemplos en la enseñanza de la ciencia:

Enseñanza constructivista de la ciencia en la enseñanza primaria (Braund, 2001).

- La Enseñanza de las ideas y su evidencia y la naturaleza de la ciencia en la enseñanza secundaria (Braund & Campbell, 2009).
- Desarrollo de discusiones que incorporen el contexto industrial en la ciencia en la enseñanza primaria (Braund, 2009).
- Aprender a enseñar la argumentación y el pensamiento crítico (Scholtz *et al.*, en prensa)
- Acerca del Uso de nuevos TICs para planificar y evaluar las capacidades de TICs (investigación en desarrollo a nivel de Maestría)

Figure 2.- Relación en la práctica de la enseñanza basada en la reforma



## En camino a las asociaciones (para la práctica de la enseñanza)

En las últimas dos décadas la formación de profesores en el Reino Unido ha cambiado desde un modelo en donde las universidades decidían contenidos y controlaban la evaluación (ver Figura 3a) hacia un tipo de asociación en donde las escuelas trabajan con instructores y tienen mucho mayor control para medir a los futuros profesores que realizan sus prácticas con la universidad participando como moderador y arbitro final en la entrega del estatus profesional para la calificación del estudiante (ver Figura 3b). El contenido del elemento de la universidad de la práctica es todavía

decidido por la universidad, pero las escuelas tienen conciencia de esta situación y la utilizan para coordinar sus programas con base en la escuela para visitas semanales, bloques de capacitación y tutorías realizadas en la escuela. En la medida que estas sociedades se han desarrollado y el lugar de la responsabilidad para la formación ha cambiado hacia las escuelas, el rol del profesor guía es cada vez más exigente. Hace veinte años atrás un profesor guía podría arreglárselas proporcionando un cronograma y recursos y a menudo tenía el mínimo de relación con cualquier tipo de reflexión profesional mencionada anteriormente – aunque los mejores profesores guía hacían mucho más que eso. Comúnmente, el tener un profesor-estudiante les permitía a los profesores experimentados realizar tareas administrativas y planificar clases y revisar los trabajos de los alumnos. Hubo un quiebre de la vorágine diaria del proceso de enseñanza. Hoy en día, en el Reino Unido se espera mucho más de lo que es denominado el rol mentor del profesor de escuela. La ganancia profesional para los profesores guías que actúan como mentores se relacionan principalmente con su propio desarrollo profesional ya que los profesores de ciencia, entre otras actividades, desarrollan habilidades durante el proceso de tutoría que son aplicables para colegas formadores o en contextos más amplios como formadores DPC dentro de las escuelas o para grupos de las escuelas locales. Ya se ha mencionado con anterioridad que todos los mentores de las escuelas asociadas a la Universidad de York reciben capacitación, pero adicionalmente se benefician de:

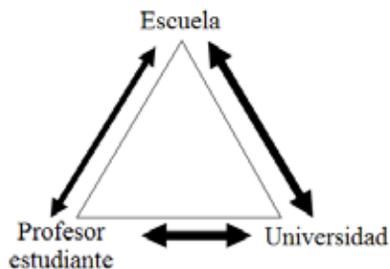
- Acceso a redes de expertos con los últimos adelantos en la ciencia de la educación (y a través de las iniciativas basadas en las reformas mencionadas anteriormente).
- Cursos certificados, tales como cursos de diplomados y Maestría en la ciencia de la educación.
- Acceso a colecciones definitivas de textos ya publicados.
- Ser parte de una membresía del Entorno de Aprendizaje Virtual (VLE, sigla en inglés) aunque ellos pueden acceder a una gran cantidad de ideas y materiales para la enseñanza.

Figura 3. Modelos de colaboración en la formación de profesores en el Reino Unido.

3a. Modelo antiguo, antes de 1990



3b. Modelo nuevo, después de 1990



## Comentarios Finales

Los beneficios mencionados ayudan a cimentar una relación productiva entre las escuelas que trabajan en conjunto con la universidad. Un repaso por la investigación a nivel internacional acerca de la asociación escuela-universidad para la preparación de profesores, muestra que esta es más efectiva cuando el profesor practicante recibe retroalimentación oral y escrita de manera periódica por parte del profesor guía. Se han detectado éxitos específicos en donde aquellos son agrupados en una escuela para que su diálogo profesional con los profesores guía sea continuo (Moyley, 2003). A pesar de la preocupación del sector universitario cuando estos cambios en la formación de profesores fueron aplicados en un comienzo, el desarrollo de la asociación de la escuela-universidad ha ayudado a proporcionar lo que las agencias de gobierno reconocen ahora como la generación de nuevos profesores mejor preparada que el Reino Unido haya tenido.

## Referencias

- Bishop, K. & Denley, P. (2007). *Learning science teaching: Developing a professional knowledge base*. Maidenhead: Open University Press, McGraw Hill.
- Braund, M. (2009 forthcoming November). Talk in primary science: a method to promote productive and contextualized group discourse. *Education: 3-13*

- Braund, M. & Campbell, B. (2009) Learning to Teach About Ideas and Evidence in Science: The Student Teacher as Change Agent, *Research in Science Education*, publicado en línea, Enero 2009. DOI 10.1007/s11165-008-9110-0.
- Braund, M. (2001). Helping primary student teachers understand pupils' learning: exploring the student-mentor interaction. *Mentoring and Tutoring*, 31: 189-200.
- Fleming, P. (2004). Becoming a secondary school teacher: how to make a success of your initial teacher training. (London: David Fulton).
- Furlong, J. & Maynard, T. (1995). Mentoring student teachers. The growth of professional knowledge. London: Routledge.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science education*, 30: 1301-1320.
- Moyles, S. (2003). Which school-based elements of partnership in initial teacher training in the UK support trainee teachers' professional development? En: *Research in Evidence in Education Library*. London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education.
- Schön, D. (1987). *Educating the Reflective Practitioner: toward a new design for teaching and learning in the professions*, San Francisco: Jossey-Bass.
- Scholtz, Z., Sadeck, M., Koopman, R. & Braund, M. (en prensa) Pedagogic practices of South African student teachers in argumentation lessons, *Teaching and Teacher Education*.
- Teacher Training Agency (TTA) (2003). *Qualifying to teach. Professional standards for qualified teacher status and requirements for initial teacher training*. London: Teacher Training Agency/Department for Education and Skills.



## **Parte III: Temas Claves en la Enseñanza de las Ciencias**



# Capítulo 5. El Desarrollo del Conocimiento Pedagógico del Contenido para la Naturaleza de la Ciencia y la Indagación Científica

Judith S. Lederman<sup>9</sup> y Norman G. Lederman<sup>10</sup>

---

## Introducción

La frase “alfabetización científica” ha estado con nosotros por más de cincuenta años y su relación con la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la indagación científica fue quizás mejor formalizada gracias al trabajo de Showalter (1974) y a la declaración de posición de la Asociación Nacional de Profesores de Ciencia (NSTA, por su sigla en inglés) acerca de la sociedad científica tecnológica (NSTA, 1982). A pesar que las citas antes mencionadas pertenecen a un autor estadounidense y a una organización para profesionales estadounidenses, la alfabetización científica se ha transformado en el objetivo principal de la enseñanza de las ciencias en todo el mundo.

En términos generales, la alfabetización científica siempre ha estado al menos parcialmente asociada a la capacidad de los individuos de tomar decisiones informadas acerca de temas personales y sociales que tienen una base científica. Sin embargo, cumplir

---

9 Ph(D) en Educación Científica, del Rhode Island. Profesora y Directora del Programa para profesores de Ciencia en el Departamento de Enseñanza de las Matemáticas y las Ciencias en el Instituto de Tecnología de Illinois. E-mail: ledermanj@iit.edu.

10 Ph(D) en Educación Científica, Universidad de Syracuse. Profesor y Director del Departamento de Enseñanza de las Matemáticas y las Ciencias en el Instituto de Tecnología de Illinois. E-mail: ledermann@iit.edu.

con los requisitos de lo que significa estar alfabetizado científicamente implica que un individuo comprenda: i) los contenidos científicos; ii) la naturaleza de la ciencia (NOS, por sus siglas en inglés); y iii) la indagación científica (IC, en español). Cada una de estas áreas del conocimiento presenta dificultades para los estudiantes por sí mismas. Además, el contexto de una típica sala de clases enfatiza el aprendizaje de contenidos por sobre las otras dos áreas de conocimiento. Por consiguiente, cuando un profesor intenta incorporar los conceptos de IC y NOS a la enseñanza, se genera una tensión real o creada de que se dedica menos tiempo al aprendizaje de contenidos. Esta situación se ve agravada por el hecho que muchas pruebas estandarizadas y de gran importancia se enfocan en los contenidos, en lugar de los conceptos de IC y NOS. El enfoque en los contenidos es conocido. Sin embargo, los significados de IC y NOS y el cómo enseñarlos no es tan conocido por los formadores de profesores de ciencias y los mismos profesores de ciencia. En consecuencia, los profesores han visto limitada su capacidad para incorporar la enseñanza de NOS y IC a la enseñanza de las ciencias.

La idea central de este capítulo será el desarrollo del conocimiento pedagógico de contenido (PCK, por sus siglas en inglés Pedagogical Content Knowledge) para los conceptos de NOS y de IC. Desde luego, también será importante para los formadores de profesores de ciencias que también desarrollen el PCK en esta área y de esta manera apoyen tanto a los alumnos en práctica como a los profesores en servicio a que desarrollen su conocimiento y habilidades para la enseñanza. Primero, en este capítulo se entregarán las definiciones funcionales de los conceptos IC y NOS, aptas para estudiantes de enseñanza primaria y secundaria (K-12) y luego se presentará un proyecto para el desarrollo profesional que se centró en el desarrollo de PCK para profesores de estas áreas. Por último, se detallan dos ejemplos concretos de aprendizaje que demuestran la integración de NOS y de IC en la enseñanza de las ciencias.

Los significados de NOS y de IC no siempre son conocidos por los profesores y frecuentemente causan polémicas al interior de las comunidades científicas y de la enseñanza de la ciencia. Por consiguiente, primero debemos explicar el significado de estos

términos. Es importante destacar que cuando la comprensión de IC y NOS son vistos como resultado de la enseñanza, la audiencia de interés pasan a ser los estudiantes desde enseñanza pre-escolar a enseñanza secundaria (K-12, desde kínder a la clase 12). De ahí que se debe considerar cuán apropiado es su desarrollo, la evidencia empírica que indica que los estudiantes pueden aprender estos conceptos, y una razón que demuestre que el conocimiento de estos términos es necesario para la alfabetización científica (o la población en general). Vistas bajo esa lupa, las frecuentes y polémicas discusiones acerca de lo que constituye IC y NOS desaparecen (Lederman, 1998).

## **La conceptualización de la Naturaleza de la Ciencia**

Debido a la manera en que los científicos desarrollan el conocimiento (es decir, IC), dicho conocimiento tiene ciertas características. Estas características generalmente corresponden a lo que constituye a NOS (Lederman, 2007). Tal como fue mencionado anteriormente, hay una falta de consenso entre los científicos, historiadores de la ciencia, filósofos de la ciencia, y los profesores de ciencias acerca de los aspectos particulares del NOS. Sin embargo, esta falta de consenso no debería ser desconcertante ni sorprendente dada la naturaleza variada y la complejidad del trabajo de la ciencia. La concepción de NOS ha cambiado durante el desarrollo y el pensamiento sistemático de la ciencia y se ve reflejada en la forma en que la comunidad científica y educativa han definido la frase “naturaleza de la ciencia” durante los últimos 100 años (por ejemplo, AAAS, 1990, 1993; Asociación Central de Profesores de Ciencias y Matemáticas, 1907; Klopfer & Watson, 1957; NSTA, 1982).

Sin embargo, varios de los desacuerdos que tienen relación con la definición del significado de NOS que continúan existiendo entre filósofos, historiadores, y profesores de ciencias son irrelevantes para la enseñanza primaria y secundaria. El tema de la existencia de una realidad objetiva en comparación con la realidad fenoménica es un claro ejemplo. Existe un nivel aceptable de generalidad respecto a NOS que es abordable por los estudiantes de enseñanza

primaria y secundaria (K-12) y es importante en su vida diaria. A este nivel, además, hay pocos desacuerdos entre filósofos, historiadores, y profesores de ciencias. Entre las características del desafío científico correspondientes a este nivel de generalidad podemos encontrar que el conocimiento científico es: provisorio (está sujeto al cambio), empírico (nace a partir de observaciones del mundo de la naturaleza), subjetivo (inclinado hacia la teoría), necesita de manera imperiosa la inferencia, imaginación, y creatividad de una persona (busca explicaciones), y está arraigado en la cultura. Además, se agregan dos aspectos adicionales que son la diferencia entre observaciones e inferencias, y las funciones y la relación existente entre teorías y leyes científicas. A continuación presentaremos una breve exposición de estas características de la ciencia y del conocimiento científico.

Para comenzar, los estudiantes deben tener clara la diferencia entre observación e inferencia. Las observaciones son declaraciones descriptivas acerca de fenómenos de la naturaleza que son accesibles “directamente” por los sentidos (o extensiones de los sentidos) y acerca de las cuales muchos observadores pueden llegar a un consenso con cierta facilidad. Por ejemplo, los objetos lanzados por sobre la superficie de la tierra tienden a caer y golpear el suelo. Por el contrario, las inferencias son declaraciones acerca de fenómenos que no son accesibles directamente por nuestros sentidos. Por ejemplo, los objetos caen al suelo debido a la “fuerza de gravedad”. La noción de gravedad se infiere en el sentido de que sólo se puede acceder o medir a través de manifestaciones o efectos. Ejemplos de tales efectos incluyen la inestabilidad en la predicción de las órbitas planetarias debido a “atracciones interplanetarias”, y la curvatura de la luz que viene de las estrellas en la medida que los rayos atraviesan el campo “gravitacional” del sol.

Segundo, íntimamente relacionado con la diferencia entre las observaciones y las inferencias se encuentran la diferencia entre las leyes científicas y las teorías. Los individuos a menudo sostienen una perspectiva simplista y jerárquica de la relación entre teorías y leyes mediante la cual las teorías pasan a ser leyes dependiendo de la disponibilidad de evidencia concluyente. Se desprende que la noción de leyes científicas tienen un estado superior por sobre las

teorías científicas. Sin embargo, ambas concepciones son inadecuadas ya que, por ejemplo, las teorías y leyes son distintos tipos de conocimiento y una no se puede desarrollar ni transformar en la otra. Las leyes son *enunciados* o *descripciones de la relación* entre fenómenos observables. La ley de Boyle, que relaciona la presión del gas con su volumen a una temperatura constante, es un ejemplo de ello (Lederman, 1998). Por el contrario, las teorías son explicaciones inferidas para fenómenos observables. La teoría de la cinética molecular, que explica la ley de Boyle es un ejemplo de ello. Además, las teorías son legítimamente tanto el producto de la ciencia como las leyes. A menudo, los científicos formulan teorías con la esperanza que algún día adquirirán el estatus de “ley”. Por lo que son, las teorías científicas cumplen importantes roles, tales como dirigir investigaciones y generar nuevos problemas de investigación además de ayudar a explicar grandes cantidades de observaciones que en apariencia no se encuentran relacionadas en más de una campo de investigación. Por ejemplo, la teoría de la cinética molecular sirve para explicar los fenómenos que se relacionan con cambios físicos de la materia, otros que se relacionan con la velocidad de las reacciones químicas, además de otros fenómenos que se relacionan con el calor y su transferencia, por mencionar algunas.

Tercero, aunque el conocimiento científico viene, al menos parcialmente, de observaciones del mundo de la naturaleza (es decir, empírico), de todas maneras involucra la imaginación y creatividad del ser humano. A diferencia de la creencia generalizada, la ciencia no es totalmente sin vida, racional y metódica. La ciencia implica la *invención* de explicaciones y esto necesita mucha creatividad por parte de los científicos. El “salto” desde las líneas atómicas espectrales al modelo de Bohr de un átomo con sus órbitas elaboradas y niveles de energía es un ejemplo. Este aspecto de la ciencia, unido a su naturaleza de inferencia, conlleva que los conceptos científicos, tales como los átomos, los hoyos negros, y las especies, sean modelos teóricos funcionales en vez de copias fieles de la realidad.

Cuarto, el conocimiento científico es subjetivo. Los compromisos teóricos de los científicos, las creencias, los conocimientos pre-

vios, la preparación, las experiencias, y las expectativas en realidad influyen su trabajo. Todos estos factores como antecedentes forman una *manera de pensar* que *afecta* los problemas que los científicos investigan y el cómo llevan a cabo sus investigaciones, lo que observan (y no observan), y cómo entienden o interpretan sus observaciones. Es este individualismo (algunas veces colectivo) o forma de pensar el que explica el rol de la subjetividad en la producción del conocimiento científico. Es importante destacar, que al contrario de lo que se piensa comúnmente, la ciencia nunca parte con observaciones neutras (Chalmers, 1982). Las observaciones (e investigaciones) siempre tienen como motivación y guía y adquieren significado en relación a preguntas o problemas. A su vez, estas preguntas o problemas se generan a partir de ciertas perspectivas teóricas.

Quinto, la ciencia como un desafío humano es practicado dentro del contexto de una cultura mayor y sus practicantes (los científicos) son el producto de la cultura. Se desprende de esto que la ciencia afecta y es afectada por varios elementos y esferas intelectuales de la cultura en la que se encuentra insertada. Estos elementos incluyen, pero no se limitan, a las redes sociales, las estructuras de poder, la política, los factores socioeconómicos, la filosofía y la religión. Un ejemplo que podría ayudar a ilustrar el cómo los factores sociales y culturales pueden impactar en el conocimiento científico, sería contar la historia de la evolución de los humanos (*Homo sapiens*) en el transcurso de los últimos siete millones de años, lo que es un hecho central para las ciencias biosociales. Los científicos han formulado varios argumentos complejos y variados acerca de la evolución. Hasta hace poco, la historia dominante se centraba en “el hombre cazador” y su importante papel en la evolución de los humanos hasta convertirnos en quienes somos hoy día (Lovejoy, 1981). Este panorama era consistente con la cultura del hombre blanco que dominó los círculos científicos hasta la década del 60 y a principios de los 70. En la medida que el movimiento feminista se fortaleció y las mujeres fueron capaces de exigir reconocimiento en todas las disciplinas científicas, la historia acerca de la evolución del homínido comenzó a cambiar. Una versión que es más consistente con el enfoque feminista se centra

en “la hembra recolectora” y su importante rol en la evolución de los humanos (Hrdy, 1986). Vale la pena destacar que ambos argumentos son consistentes con la evidencia disponible.

Sexto, se desprende de las discusiones anteriores que el conocimiento científico nunca es absoluto o cierto. Este conocimiento que incluye “hechos”, teorías, y leyes, es provisorio y sujeto a cambio. Las afirmaciones científicas cambian en la medida que la nueva evidencia, que se hizo posible gracias a los avances *teóricos* y tecnológicos, sea puesta en práctica en teorías existentes o leyes, o en la medida que la evidencia antigua sea reinterpretada a la luz de los nuevos avances en relación a las teorías o cambios en la dirección de programas de investigación establecidos. Se debe enfatizar que la experimentación en la ciencia no solamente surge del hecho que el conocimiento científico es deductivo, creativo, e insertado social y culturalmente. Existen además argumentos lógicos convincentes que dan credibilidad a la noción de la experimentación en la ciencia. De hecho, al contrario de lo que se piensa, las hipótesis científicas, teorías, y leyes *nunca* pueden ser “probadas” de manera absoluta. Esta situación se sostiene independiente de la cantidad de evidencia empírica reunida en apoyo de una u otra de estas ideas (Popper, 1963, 1988). Por ejemplo, para ser “probada”, una sola ley científica debería ser capaz de explicar, en todo momento, cada una de las instancias del fenómeno que pretende describir. Consecuentemente, se puede discutir que una instancia tan a futuro, del cual no tenemos conocimiento, pudiera comportarse diferente a lo que la ley establece. Así pues, una ley nunca puede adquirir un estado de “probada”. Del mismo modo, esta situación sigue en pie cuando se trata de hipótesis y teorías.

## **Conceptualización de la Indagación Científica**

A pesar de estar íntimamente relacionado con los procesos científicos, la indagación científica se extiende más allá del desarrollo de habilidades de procesos tales como observar, inferir, clasificar, predecir, medir, cuestionar, interpretar y analizar información. La indagación científica incluye los procesos científicos tradiciona-

les y también se relaciona la combinación de estos procesos con el conocimiento científico, el razonamiento científico y el pensamiento crítico para desarrollar conocimiento científico. Desde el punto de vista de los *Estándares Nacionales de la Enseñanza de la Ciencia* (NRC, 1996), se espera que los estudiantes sean capaces de desarrollar cuestionamientos científicos y luego diseñar y llevar a cabo investigaciones que produzcan la información necesaria para llegar a las respuestas a las preguntas establecidas.

*El Estándar de Comparación de la Alfabetización Científica* (AAAS, 1993) es un poco menos ambicioso en la medida que no obliga que todos los estudiantes sean capaces de diseñar y conducir investigaciones en su totalidad. En vez de eso, se espera que todos los alumnos sean capaces, al menos, de entender la base lógica de una investigación y sean capaces de analizar de manera crítica las declaraciones realizadas a partir de la información recolectada. En resumen, la indagación científica se refiere a los enfoques sistemáticos utilizados por los científicos en un esfuerzo por responder a sus preguntas de interés. Los estudiantes a nivel pre-universitario y el público en general, creen en una visión distorsionada de la indagación científica que es el resultado de la escuela, los medios de comunicación, y el formato de la mayoría de los informes científicos. Esta visión distorsionada es conocida como EL MÉTODO CIENTÍFICO. Esto quiere decir, una secuencia fija de pasos que todos los científicos siguen cuando tratan de responder a una pregunta científica. Una descripción más crítica caracterizaría EL MÉTODO como un algoritmo que se espera que los estudiantes memoricen, reciten, y sigan como la receta del éxito. Las visiones de la reforma, además de cualquier otro estudio de cómo se hace la ciencia, rápidamente indican que no hay una sola rutina fija o secuencia de pasos que todas las investigaciones científicas sigan. La opinión contemporánea de la investigación científica afirma que son las preguntas de investigación las que guían el enfoque y estas a su vez varían ampliamente dentro y fuera de las disciplinas y áreas científicas (Lederman, 1998).

La percepción de que existe un solo método científico se debe en gran medida al estatus del diseño experimental clásico. Los diseños experimentales muy a menudo se conforman con lo que

es presentado como “EL MÉTODO CIENTÍFICO” y los ejemplos de investigaciones científicas presentadas en libros de estudio muy a menudo son experimentales en naturaleza. El problema, por supuesto no es que las investigaciones consistentes con el “método científico” no existan. El problema es que la investigación experimental no es representativa de las investigaciones científicas como un todo. Por consiguiente, se promueve una visión bastante estrecha y distorsionada de la indagación científica en el currículo de ciencias de la enseñanza media (K-12).

Al mismo tiempo, la indagación científica puede tomar varios caminos (esto quiere decir, descriptivo, correlacional, y experimental). La investigación descriptiva es la forma de investigar que a menudo caracteriza el comienzo de la línea investigativa. Este es el tipo de investigación que proviene de variables y factores importantes para una situación de interés en particular. El hecho que la investigación científica de lugar al surgimiento de enfoques correlacionales depende del área y el tópico. Por ejemplo, la mayoría de las investigaciones en anatomía y taxonomía son descriptivas por naturaleza y no se transforman en tipos de investigación experimentales o correlacionales. A menudo el propósito de una investigación en estas áreas es simplemente es describir. Por otra parte, hay numerosos ejemplos en la historia de la investigación anatómica que han llevado a más de una descripción. La investigación inicial sobre el sistema cardiovascular de William Harvey fue de naturaleza descriptiva. Sin embargo, una vez que la anatomía de las venas había sido descrita, surgieron preguntas relacionadas con la circulación de la sangre a través de las venas. Estas preguntas llevaron a investigar las estructuras anatómicas correlacionadas con el flujo sanguíneo y a hacer experimentos basados en los modelos del sistema cardiovascular (Lederman, 1998).

Para distinguir brevemente la investigación correlacional de la experimental, la primera explica la relación entre las variables identificadas en la investigación descriptiva, y la investigación experimental implica una intervención planificada y la manipulación de las variables estudiadas en la investigación correlacional en un intento por generar relaciones causales. En algunos casos, las líneas de investigación pueden ser vistas en progreso desde lo

descriptivo a lo correlacional a lo experimental, mientras que en otros casos (por ejemplo, la astronomía descriptiva) ese tipo de progresión no necesariamente es posible. Sin embargo, esto no sugiere que el diseño experimental es más científico que descriptivo o que los diseños correlacionales, sino que aclaran que no hay un único método aplicable a cada pregunta específica.

La indagación científica siempre ha sido ambigua en su presentación dentro de las reformas de la ciencia de la educación. En particular, la investigación es percibida en tres formas distintas. Puede ser vista como un conjunto de habilidades que deben ser aprendidas por los estudiantes y combinadas en una demostración de una investigación científica. También puede ser vista como un resultado cognitivo que los alumnos van a conseguir. En particular, las visiones actuales de la reforma (quiere decir, NRC, 1996) son muy claras (al menos en palabras escritas) en distinguir entre realización de la investigación (quiere decir, lo que los alumnos serán capaces de hacer) y lo que los estudiantes saben acerca de la investigación (quiere decir, lo que los alumnos deberían saber). Por ejemplo, una cosa es hacer que los estudiantes organicen un grupo de control para un experimento, mientras que otra cosa es esperar que los alumnos entiendan la necesidad lógica de tener un control dentro de un diseño experimental. Desafortunadamente, la sutil diferencia en la redacción destacada en las reformas (quiere decir, “saber” versus “hacer”) es frecuentemente olvidada por todos excepto los lectores más cuidadosos. El tercer uso de “indagación” en documentos que hablan acerca de la reforma se relaciona estrictamente a la pedagogía y enreda las cosas. En particular, el conocimiento actual afirma que los estudiantes aprenden ciencia a través de un enfoque de enseñanza orientado a la indagación. Se cree que los estudiantes aprenderán mejor los conceptos científicos al hacer ciencia (NRC, 1996).

En este sentido, “la indagación científica” es vista como un enfoque de enseñanza usado para comunicar conocimiento específico a los estudiantes (o permitirles a los alumnos a que construyan su propio conocimiento) a diferencia de un resultado del cual se espera que los estudiantes aprendan sobre y aprendan como hacer ciencia. De hecho, es la concepción pedagógica de la investigación

la que sin querer se comunica a la mayoría de los profesores a través de los documentos de la reforma de la enseñanza de la ciencia, donde las dos concepciones anteriores pasan al olvido. A pesar que los procesos que los científicos utilizan al hacer una investigación (es decir, observar, inferir, analizar información, etc.) son conocidos por la mayoría, el conocimiento acerca de la indagación, como resultado de la enseñanza no lo es. Esta es la perspectiva de la indagación que distingue reformas actuales de aquellas que han existido previamente, y es una perspectiva de la investigación que no es evaluada de manera típica. En resumen, el conocimiento acerca de la indagación incluida en la reforma educativa de la ciencia actual incluye lo siguiente (NRC, 1996):

- Todas las investigaciones científicas comienzan con una pregunta, pero no necesariamente comprueba una hipótesis.
- No hay un único conjunto y secuencia de pasos seguido en todas las investigaciones científicas (por lo tanto, no hay un método único).
- Los procedimientos de la investigación son guiados por la pregunta que se formula.
- Todos los científicos que siguen los mismos procedimientos pueden obtener resultados distintos.
- Los procedimientos de la indagación pueden influenciar los resultados.
- Las conclusiones de la indagación deben ser consistentes con la información recolectada.
- La información científica no es lo mismo que la evidencia científica.
- Las explicaciones se generan a partir de una combinación de información recabada y lo que ya es conocido.

## **La Preparación de PCK de Profesores para IC y NOS**

El primer problema que encuentran los formadores de profesores de ciencia es como desarrollar la comprensión de los profesores sobre NOS e IC, y su habilidad para enseñar IC y NOS a sus alumnos. En resumen, ¿cómo se desarrolla el PCK de los profesores en estas áreas? A continuación se ofrece una descripción de un

ambicioso proyecto profesional de desarrollo que incluye a 235 profesores y a más de 23.000 estudiantes.

## **Proyecto ICAN**

El proyecto ICAN (indagación, contexto, y la naturaleza de la ciencia) consistía en una beca de Perfeccionamiento Docente de una duración de cinco años que se centraba en el desarrollo e implementación de un modelo de desarrollo profesional para mejorar el conocimiento disciplinario y pedagógico de los profesores de ciencias de enseñanza primaria y secundaria, relacionados con la unificación de conceptos IC y NOS. La meta del proyecto era mejorar las habilidades de los profesores para, a su vez, mejorar la comprensión de NOS de los alumnos y la comprensión y capacidad de ejecutar IC, dentro de un contexto de un currículo de ciencia orientado a los estándares. El proyecto ICAN involucró a los profesores en actividades de desarrollo profesional por un mínimo de un año y un máximo de cinco años. El proyecto fue único ya que dirigió la atención al conocimiento del profesor, las prácticas del profesor en la sala de clases, y los resultados obtenidos por los alumnos dentro de la misma investigación. En lo que sigue se resume el programa de cinco años de desarrollo profesional, y proporciona uno de los modelos de desarrollo profesional que guió el proyecto.

Un total de 235 profesores de ciencia participaron en el proyecto ICAN. Debido a que cada profesor impartió clases a aproximadamente cuatro cursos de 25 estudiantes, la información fue recolectada a partir de 23.500 estudiantes aproximadamente. El grupo de profesores representó seis áreas de la ciencia que incluyen la ciencia general, biología, física, química, geología y ciencia del medioambiente e incluyó varios cursos de K-12 (enseñanza primaria y secundaria). Los profesores eran diversos en términos de origen étnico y enseñaron en cursos con una población de alumnos muy heterogénea.

Durante cada año académico, el Proyecto ICAN consistió en cuatro etapas: Orientación de Verano, Actividades del Año Académico, Instituto de Verano, y un Programa de Práctica de Ciencias.

Orientación en Verano: El proyecto ICAN comenzó con una orientación de tres días. El foco principal de orientación fue acercar a los profesores ICAN a aspectos de NOS e IC mediante la realización de actividades de IC y NOS (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998; Academia Nacional de las Ciencias, 1998), que incluyó la revisión de videos significativos y la lectura de artículos relacionados con NOS e IC. Las preguntas reflexivas, sesiones de análisis, y discusiones fueron seguidas de actividades para mejorar la cercanía de los profesores con diversos aspectos de NOS e IC.

Actividades del Año Académico: Después de la orientación, seminarios mensuales de 10 días completos tenían lugar desde Septiembre a Junio durante el año. Estos seminarios se centraban en fomentar la instrucción de NOS e IC en el contexto de los contenidos de las ciencias, revisión del currículo y la evaluación. Las actividades de NOS y de IC tuvieron como objetivo no sólo mejorar la comprensión de NOS y de IC de los profesores, sino que además mejorar sus conocimiento acerca de cómo enseñar NOS y de IC. Se enfatizó un enfoque explícito/reflexivo (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Para ayudar a los profesores a entender el enfoque explícito/reflexivo para enseñar NOS e IC, el equipo del proyecto ICAN presentó modelos de clases. En la actividad de laboratorio referente a la mitosis (Lederman & Lederman, 2004), por ejemplo, se le entregó a los profesores dos enfoques de enseñanza distintos para la misma actividad. Primero, se les dió una breve descripción de los diferentes estados de la mitosis y como categorizar etapas en las láminas, y luego se les pidió a los profesores que contaran el número de células de raíz de cebolla en cada etapa de la mitosis dentro de un rango de visión dado bajo alto poder. Después que los cálculos fueran ingresados a la pizarra de información, utilizaron la frecuencia relativa de las etapas para calcular el tiempo necesario aproximado para cada etapa.

En el segundo enfoque se les entregó a los profesores la misma evaluación breve, pero esta vez se les preguntó como decidieron cuándo una etapa terminaba y la otra comenzaba y cómo los científicos llegaron a la misma conclusión. Una notoria diferencia fue

que en el primer enfoque se requirió que los profesores realizaran una investigación, pero sin la integración de NOS e IC. A diferencia del primer enfoque, el segundo hizo que las discusiones de profesores comenzaran con una cuidadosa selección y ubicación de las preguntas reflexivas, que fue seguido por la atención a ciertos aspectos de NOS, tales como la creatividad, la experimentación, la observación versus inferencia/deducción, la subjetividad, y la base empírica. Se incluyó además la atención al entendimiento de la indagación científica, tales como el reconocimiento de múltiples interpretaciones de la misma información y las limitaciones del análisis de la información. Además, se enfatizó la evaluación del currículo y la revisión en términos de la enseñanza de IC y NOS. Con nuestra ayuda, los profesores trajeron sus propios materiales de currículo, los evaluaron y revisaron algunos temas para enseñar NOS e IC.

Los profesores del ICAN también fueron incentivados a aplicar en su sala de clases lo que aprendieron en los talleres, y traer ejemplos de experiencias en clases (de manera verbal o mediante grabación video) para el próximo taller ICAN y así compartir y discutir con el resto.

Instituto de Verano: Después del año académico, el instituto de 10 días se centró en ejemplos adicionales para la revisión del currículo y actividades de instrucción que se enfocaran en IC y NOS. Además, se puso un énfasis mayor en la medición de la comprensión de los estudiantes. Los profesores de años anteriores de ICAN proporcionaron varios modelos de lecciones que integraban NOS e IC.

Capacitación de indagación científica: Durante el año académico los profesores también participaron en una pasantía de investigación científica con un científico en el campus IIT o en los alrededores de la comunidad (por ejemplo, el zoológico, museos). El principal trabajo del profesor fue el de observador. Observaron las investigaciones en desarrollo en el marco de una investigación, y discutieron contenidos específicos de investigación y técnicas con los científicos. Los profesores mantuvieron recuentos diarios, guiados por el foco de preguntas relacionadas con las conexiones

entre experiencias de investigación y los aspectos de NOS e IC tal como fueron presentados en el proyecto. En esencia, esta experiencia sirvió como una “toma de conciencia” para las perspectivas de NOS y la IC presentada en actividades de proyectos.

Microenseñanza: Durante el tercer año de ICAN, descubrimos que muchas de las lecciones de los participantes de NOS/IC todavía estaban caracterizadas por la instrucción *implícita*. Por esta razón, decidimos asignar tres lecciones de microenseñanza a los profesores para así mejorar sus habilidades pedagógicas relacionadas con NOS e IC. En este trabajo, entendemos la microenseñanza como una presentación de enseñanza entre pares que imita lo que los profesores planean hacer con sus estudiantes. Durante los dos últimos años del proyecto tres lecciones de enseñanza entre compañeros fueron requeridas durante las reuniones mensuales. Estas lecciones fueron planificadas e impartidas por equipos de profesores. Un equipo de profesores consistía en tres a cuatro miembros quienes eran voluntariamente cambiados para cada tarea de enseñanza entre compañeros. Cada lección duraba 45 minutos y después había una breve discusión acerca de los aspectos de NOS e IC allí tratados, además de las maneras en que la lección podía ser mejorada. Además, se entregó retroalimentación escrita a todos los grupos de profesores, en términos de cómo integrar mejor NOS e IC a sus lecciones.

## **Fuentes de Información y Análisis**

La comprensión del NOS e IC por parte de los profesores: Los datos sobre el cambio de la visión de los profesores fueron recolectadas durante la orientación de verano y el año académico. Las actividades de orientación del verano fueron precedidas por pruebas previas (pre-tests) que medían la comprensión de los profesores usando los cuestionarios de Visión de la Naturaleza de la Ciencia (VNOS-D) y de la Visión de la Investigación Científica (VOSI). Estos cuestionarios fueron administrados dos veces al año durante el año académico.

Los aspectos evaluados de NOS incluyeron la idea de que la ciencia es tentativa, subjetiva, fundada en la observación empírica y

un producto de la creatividad humana. La distinción entre observación e inferencia también fue resaltada. Los aspectos de IC dirigidos al VOSI incluyen a) métodos múltiples y propósitos de investigación, b) interpretaciones múltiples de la información c) diferencias entre información y evidencia, y d) el análisis de la información está regido por las preguntas de interés, que implican el desarrollo de patrones y explicaciones que sean consistentes. Además, las fuentes de información incluyeron reflexiones sobre artículos de revistas y revisión de materiales curriculares. El desarrollo de los puntos de vista de los profesores se buscó por comparación de perfiles para cada participante generado a partir de VNOS-D y respuestas VOSI.

Comprensión de los Profesores de Cómo Enseñar NOS e IC: se le pidió a los profesores primero proporcionar lecciones grabadas en video y planificaciones de lecciones para ilustrar su intento de enseñar IC y NOS a sus estudiantes. Quisiéramos informar al lector que durante los dos últimos años del proyecto también se requirieron lecciones entre colegas durante las reuniones mensuales. Las notas de observación de video y de las lecciones de enseñanza entre colegas fueron analizadas junto a planes de instrucción.

La comprensión de los estudiantes de NOS e IC: Los VNOS-D y los VOSI fueron administrados a los alumnos al comienzo y al final del año académico. Además, a los profesores ICAN se les pidió aportar muestras del trabajo terminado de estudiantes durante la lecciones focalizadas en NOS/IC, además de probar los ítemes relacionados a estos mismos tópicos. Esta información proporcionó evidencia del impacto que ICAN produjo sobre la comprensión de los alumnos.

Antes de analizar toda la información, una muestra del 5% de todas las fuentes de información fueron evaluadas para establecer acuerdos inter-evaluador entre los individuos que evalúan al profesor y la información del estudiante. Se alcanzaron un nivel de acuerdo de 80% o más en todos los casos.

## Resultados

### Comprensión de NOS por parte de los Profesores

En general, más del 70% de los participantes mostraron señales de mejoría en sus concepciones de NOS. La mayoría sostuvo opiniones informadas de cuatro o más aspectos clave. Los más significativos fueron los cambios en su punto de vista de los aspectos experimental, empírico, deductivo, creativo, y subjetivo de NOS. Sesenta y cuatro por ciento de los profesores, comparado con el 19% en pre-instrucción, tenían opiniones informadas acerca del aspecto provisorio de NOS. Comúnmente, los profesores enfatizaron en como la tecnología de punta y los avances son muy importantes en el desarrollo del conocimiento científico:

Sus modelos [modelos computacionales para pronosticar los patrones del tiempo] son la mejor representación que ellos pudieron entregar en el momento de lo que entendieron. Lo que se habría pensado como verdadero en el pasado se convierte en objeto de debate y algunas veces es incluso desechado. Setenta y cinco por ciento (vs. 36% en la pre-prueba) de los participantes profesores mostraron opiniones informadas del aspecto empírico de NOS en sus respuestas de las post-pruebas. Por ejemplo, un profesor declaró que “ellos (científicos) podrían encontrar evidencia que podría causar un cambio en lo que se pensaba o se sabía de antes:”

La diferencia entre observación e inferencia fue el aspecto de NOS en el que la mayoría de los participantes (82% vs. 32 en el pre-prueba) dieron a conocer opiniones informadas al finalizar el programa. A continuación encontraremos algunas citas de la post-prueba:

Los científicos usaron el término dinosaurio para nombrar a un grupo de huesos que parecen tener muchas cosas en común. A pesar de que no tenemos evidencia “real” de su apariencia, los científicos son capaces de usar la tecnología para determinar la edad y la constitución de los huesos. La información reunida permitió a los científicos llegar a la conclusión de que ellos existieron hace muchos años atrás.

Nadie sabe como era un dinosaurio. Los esqueletos de dinosaurio que vemos en los museos hoy en día son la mejor conclusión de cómo se veían los dinosaurios basados en el conocimiento científico actual.

Sesenta y nueve por ciento de los profesores (vs. 20% en la pre-prueba) demostraron opiniones informadas acerca del rol de la imaginación y la creatividad. En un comienzo, cerca del 65% de los profesores tuvieron una comprensión limitada del aspecto creativo e imaginativo de NOS en lo que se refiere al análisis e interpretación de la información, señalando que:

“los científicos usan la creatividad para planificar solamente, pero la creatividad en la observación y el análisis de información es una forma de mentir. Esa no es ciencia.”

Durante este proyecto, esa opinión fue reemplazada por la noción de que los científicos incorporan creatividad e imaginación en todas sus investigaciones científicas, que incluye el análisis de datos e interpretaciones.

Setenta y cuatro por ciento (vs. 25% en la pre-prueba) demostraron opiniones informadas acerca del aspecto subjetivo de NOS. Antes de la capacitación la mayoría de los profesores pensaba que los científicos llegaban a distintas conclusiones porque tenía datos diferentes:

“la ciencia es subjetiva en la medida en que cada científico tiene acceso a información y evidencia diferente.”

Estas respuestas cambiaron dramáticamente durante el programa. Por ejemplo, un profesor pensaba que los científicos no estaban de acuerdo acerca de la causa de la extinción de los dinosaurios a pesar de tener todos la misma información ya que “distintas personas hacen diferentes inferencias basadas en sus experiencias de vida, educación, y entorno cultural.” Otra respuesta fue como sigue:

Muchas creencias religiosas han influenciado la dirección de la ciencia e investigación aceptable. Los descubrimientos científicos morales han limitado lo que es aceptable/posible dentro de los valores tradicionales y la moral.

## Entendimiento de la Indagación Científica de los Profesores

Los profesores del ICAN generalmente mostraron una mejoría significativa en el entendimiento del SI. Por ejemplo, el 40% comenzó el programa con la opinión de que SI está compuesto por una serie de pasos que deben seguirse para obtener la respuesta correcta. Veían el proceso como algo controlado, en donde el científico es objetivo. Hacia el final del programa, pocos se mantuvieron en esa postura (quiere decir, 3%). Ellos mostraron mayores cambios en su opinión tradicional del “Método Científico”; reconocieron que no hay un método científico paso a paso. Más aún, ahora reconocen métodos múltiples para realizar investigaciones científicas. Algunos de ellos todavía describen las investigaciones como si tuvieran pasos, pero no consideran estos pasos como una parte necesaria para realizar una investigación.

Los profesores mejoraron en su comprensión de múltiples o alternativas interpretaciones para un conjunto de datos. Ochenta por ciento de los profesores entendió que los científicos son capaces de llegar a diferentes interpretaciones a partir de los mismo datos debido a la “creatividad, cultura, y diferencias;” y que los científicos a menudo comienzan a trabajar con concepciones previas, experiencias pasadas, creencias y valores que afectan el como él/ella ve, e interpreta las cosas. Como lo había explicado uno de los profesores “incluso si los científicos están trabajando juntos, la subjetividad puede jugar un role preponderante al momento de formular una teoría e influenciar el cómo se observan los resultados”. Otra respuesta fue como la que sigue:

Los científicos que hacen la misma pregunta y siguen el mismo procedimiento no siempre llegarán a la misma conclusión. Los factores que motivan la investigación y las reflexiones personales y valores de los científicos también pueden concluir de manera distinta. Recientemente NPR informó de una historia acerca del estudio de la popular droga éxtasis. La investigación fue conducida por un grupo de investigadores asociados con un movimiento que aboga por mantener a la juventud alejada de las drogas. El

informe cometió varias exageraciones y errores que llevaron a que el artículo fuera desmentido.

## **Comprensión de los Profesores acerca de cómo enseñar IC y NOS**

El análisis de las lecciones de microenseñanza indicó que hubo una continuidad hacia el conocimiento pedagógico del contenido (PCK) para la preparación de IC y NOS, desde un enfoque implícito a uno didáctico y a uno explícito/reflexivo. En la primera sesión de microenseñanza más de la mitad de los grupos mostraron una lección implícita en la cual los estudiantes fueron expuestos a actividades prácticas, pero sin intentar enseñar NOS o IC. Consistente con la investigación anterior (Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Duschl & Wright, 1989; Gess-Newsome & Lederman, 1993), los profesores no consideraron aspectos de NOS o IC al planificar las lecciones de microenseñanza. Todas las planificaciones de clase para estas lecciones implícitas incluyeron aspectos clave de NOS e IC, pero la mayoría de ellos no incorporaron el cómo tratar esos aspectos de NOS e IC. Por cierto, los aspectos de NOS no fueron especificados como resultado en sus objetivos de enseñanza. Los objetivos estaban relacionados con hacer ciencia y/o solamente con los contenidos de la ciencia.

El análisis de la información indicó que la falla de los profesores de usar una enseñanza explícita/reflexiva de NOS e IC estaba asociada con la suposición de los profesores de que los estudiantes pueden aprender IC y NOS haciendo ciencia. Al pensar acerca de cómo enseñar NOS, los profesores intuitivamente trataron a NOS y la comprensión acerca de IC como hacer cosas, lo que se evidencia a continuación, en la cita de una conversación informal con un profesor-participante durante una reunión mensual de seguimiento después de la primera sesión de microenseñanza:

P (profesor): Cuando presentamos la primera vez... nosotros hicimos una clasificación, pero fue muy vaga. Usamos el aspecto orientado hacia lo empírico ya que podemos observar un objeto y utilizar esa información para ayudar a tomar una decisión. Pero, creo que nos equivocamos. Eso fue lo que hicimos.

I (investigador): ¿Cuál fue la intención de su grupo?

P: La intención del grupo fue usar la información empírica que correspondía a observaciones de seres vivos y cosas inertes y en cómo separarlos en categorías utilizando características observables. Así que si tuviera un animal peludo y sin pelo, dos grupos diferentes, eso es información empírica ya que estamos utilizando esta característica para tomar la decisión.

I: ¿Su grupo mencionó explícitamente eso?

P: Creo que no. Ese fue todo el problema. Nadie entendió. Aunque sabíamos lo que significa hacerlo explícito, no entendimos como hacerlo.

I: ¿Por qué su grupo no hizo eso?

P: Creo que yo asumí que todos sabían que yo asumía que (la audiencia de profesores) ellos lo harían. No tiene sentido porque cuando trabajamos con estudiantes, sabemos que ellos no sabrían eso (si no enseñamos explícitamente algo). No lo sé... fue la primera vez que hicimos algo así.

Sin embargo, al final de la lección, no se encontró enseñanza implícita y cerca de un 25% de las lecciones fueron categorizadas como didácticas. Setenta y cinco por ciento de las lecciones siguieron un enfoque explícito/reflexivo. Las características comunes detectadas en las lecciones explícitas/reflexivas es que los profesores del ICAN explícitamente trataron aspectos de NOS en la introducción de una lección y los estudiantes fueron guiados intencionalmente hacia las situaciones en que los aspectos de NOS fueron incorporados. Los comentarios explícitos y reflexivos y las discusiones fueron identificadas no solo al final de la lección, si no que también mientras los alumnos fueron expuestos a situaciones específicas de NOS/IC. De hecho, en todas las lecciones explícitas/reflexivas, se llevaron a cabo evaluaciones y se implementaron para monitorear una mejor comprensión de los alumnos-monitores sobre NOS e IC. Los profesores proporcionaron preguntas por escrito a los estudiantes, tuvieron que realizar una prueba, o les dieron tareas que incluían preguntas de evaluación.

El análisis del trabajo de los alumnos y los videos grabados de las clases indicaron que muchos más intentos explícitos/reflexivos por enseñar NOS/IC fueron identificados durante los años 4 y 5 del proyecto que en los años anteriores. El ochenta y ocho por ciento del trabajo de los estudiantes incluía preguntas relacionadas con NOS/IC para ayudar a los estudiantes a reflexionar acerca de aspectos más importantes de NOS/IC y evaluar la relación NOS/IC en el contexto de la ciencia. Setenta por ciento de las lecciones grabadas en video seguían un enfoque explícito/reflexivo.

Parece ser evidente que las tres experiencias de microenseñanza le brindaron a los profesores ICAN de los Años 4 y 5 del proyecto importantes oportunidades para reflexionar acerca de la comprensión de NOS/IC, y los conocimientos pedagógicos. Los profesores ICAN planificaron y presentaron sus lecciones de microenseñanza tres veces y tuvieron la oportunidad de observar 20 lecciones entre compañeros y discutir a partir de estas lecciones. Las experiencias de la microenseñanza hicieron que los profesores de ICAN se familiarizaran con la enseñanza de NOS/IC y les ayudaron a reflexionar y desarrollar sus conocimientos de contenido pedagógico relacionado con NOS/IC.

## **Comprensión de los Alumnos de NOS e IC**

Es necesario cambiar la forma de pensar de los profesores, pero no es suficiente para cambiar las opiniones de los estudiantes. Las intenciones del profesor y las habilidades pedagógicas para integrar NOS e IC en la sala de clases son decisivas. Los análisis de la información de los estudiantes indicaron un éxito en aumento, en que las opiniones de los estudiantes cambian con cada año del proyecto. En el año Cuatro y Cinco, más del 60% (vs. el 15% en la pre-prueba) de los estudiantes sostuvieron opiniones adecuadas en más de 80% de los aspectos enfocados hacia NOS e IC.

Los datos de las pre-pruebas indicaron que la mayoría de los estudiantes mostraron puntos de vista ingenuos acerca de IC y NOS. La parte más significativa en el cambio de las opiniones de los estudiantes fue con relación a los aspectos deductivos, empíricos, y subjetivos de NOS. En términos de SI, el 37% (vs. 3%) de los

alumnos de los profesores llegaron a entender que no hay “método científico”, señalando que “ellos (los científicos) siguen más de un método. Por ejemplo, un método es investigar (observar) lo que comen los pájaros y la forma de sus picos y el otro método es realizar un experimento que incorpore químicos.” Los estudiantes también avanzaron en su conocimiento de las múltiples interpretaciones dadas a un conjunto de datos. Cuarenta y seis por ciento (vs. el 10% en la pre-prueba) de los estudiantes explicaron que “si distintos científicos realizan el mismo experimento no todos llegaran a la misma respuesta. Todos los científicos tienen una forma distinta de ver las cosas. Podrán contar con los mismos datos pero pueden tener una forma distinta de interpretarlos.”

## Conclusiones e implicancias

El análisis de información indicó que el Proyecto ICAN fue exitoso en ayudar a los profesores a mejorar su PCK relacionado con NOS e IC. Los profesores en un comienzo tuvieron la tendencia a adoptar un enfoque de aprendizaje implícito en el cual el cuestionamiento y discusión explícito/reflexivo acerca de NOS e IC no estaba planificado. Al ayudar a los profesores a entender e implementar la instrucción explícita/reflexiva de IC y NOS, los resultados del estudio indican que se necesita que ocurran dos cambios decisivos. Primero, los profesores necesitan darse cuenta que la instrucción explícita es mejor que la implícita. Aunque varias actividades explícitas y explicaciones para la diferencia entre instrucción NOS e IC explícita e implícita fueron entregadas a los profesores antes, en la primera sesión de microenseñanza, el 62% del grupo adoptó la instrucción implícita. En un comienzo, los profesores pensaban que los estudiantes podrían aprender acerca de NOS solamente haciendo ciencia. Confundieron hacer algo con saber acerca de algo (Abd-El-Khalick et al., 1998). Se necesita una amplia experiencia para que se den cuenta de que están adoptando un enfoque implícito, que generalmente no es efectivo para la enseñanza de NOS e IC y para entender que estar haciendo algo no es necesariamente saber algo.

Segundo, los profesores necesitan estar concientes que el enfoque centrado en el alumno para lo explícito y la reflexión es mejor

que un enfoque didáctico. La mayoría de los profesores se dieron cuenta de su enseñanza implícita de NOS e IC después de la primera sesión de microenseñanza. Sin embargo, diferenciar este enfoque implícito no fue suficiente para algunos profesores para implementar la instrucción explícita/reflexiva de NOS e IC. Trataron de enseñar explícitamente NOS e IC, pero no pudieron encargarse de aspectos clave de NOS e IC en la manera explícita/reflexiva promovida por el Proyecto ICAN. Una breve y didáctica discusión de NOS fue asignada al final de una clase en vez de una conversación reflexiva e interactiva incorporada en medio de una lección.

Durante los cinco años del proyecto, las experiencias de la enseñanza entre pares parece haber sido un avance profesional importante. En los Años 4 y 5 del proyecto, la enseñanza entre compañeros llegó a ser lo más destacable y dotó a los profesores con oportunidades para reflexionar acerca de su comprensión de IC y NOS y el conocimiento pedagógico relacionado con IC y NOS. Los profesores de ICAN planearon y presentaron sus clases tres veces y tuvieron la oportunidad de observar 20 lecciones de compañeros y discutir sobre dichas lecciones. Estas oportunidades permitieron que los profesores conocieran más la enseñanza de NOS/IC y los ayudó a reflejar y desarrollar su PCK relacionado con NOS e IC.

El desarrollo de las habilidades pedagógicas de los profesores relacionadas a NOS e IC en los Años 4 y 5 fue consistente con el análisis del trabajo de los estudiantes y las clases grabadas en video, las que mostraron mejoría para los profesores en los Años 4 y 5. Este resultado implica que los programas de formación del profesor deberían proporcionar a los profesores oportunidades para planear e implementar instrucción explícita de NOS e IC y observar y discutir las clases impartidas por compañeros. Los profesores adoptarían más rápidamente lo que sus compañeros hacen a lo que es planificado por el académico encargado del programador profesional.

El desarrollo de la comprensión de los estudiantes de NOS e IC no es fácil. Requiere de un extenso periodo de tiempo para desarrollar la comprensión de los estudiantes, sin mencionar el extenso período de tiempo que toma desarrollar la comprensión y las ha-

bilidades de enseñanza de los profesores. Es importante notar que las actividades de desarrollo profesional a corto-plazo tienen altas probabilidades de fracasar. También es importante notar que la atención a corto plazo a los conceptos de NOS e IC con los estudiantes, comúnmente, a través de sólo una unidad introductoria no tiene posibilidades de tener éxito. Tanto NOS como IC son temas que deben ser desarrollados a través de extensos cursos de desarrollo profesional e integrados en cursos de ciencia y clasificar en niveles cuando se trata de alumnos del nivel K-12.

Es importante notar que tener la oportunidad de apoyar a los profesores con un proyecto de desarrollo profesional financiado para varios años no es siempre viable. Existe la intención, por parte de algunos educadores, de simplemente desarrollar un único curso para capacitar el PCK de profesores para NOS e IC. La evidencia existente, a partir de proyectos como el Proyecto ICAN, da a entender que la intervención a corto plazo no tiene muchas probabilidades de éxito. Toma tiempo desarrollar PCK en cualquier área. Por consiguiente, se recomienda que los profesores de ciencia continuamente enfatizan NOS e IC (conocimiento y pedagogía) como temas presentes en todos los cursos para profesores dentro de los programas existentes. Este podría ser el caso de ambos cursos de contenidos y de cursos pedagógicos/didácticos.

## **Algunos Ejemplos Concretos de Enseñanza**

Aunque el Proyecto ICAN, además de la literatura existente (Lerdeman, 2007) ha proporcionado evidencia bastante convincente de que un enfoque explícito, reflexivo para la enseñanza puede desarrollar el PCK de los profesores con respecto a NOS e IC, nos gustaría beneficiar al lector escéptico con algunos ejemplos de enseñanza concretos. A continuación dos actividades de enseñanza; sin embargo, se recomienda al lector que se dirija a la página Web del Proyecto ICAN ([msed.iit.edu](http://msed.iit.edu)) para tener ejemplos adicionales.

Adivina ¿Cómo es?

Esta actividad puede ser incorporada fácilmente a una clase de ciencias cuando se aborden temas de geología, específicamente

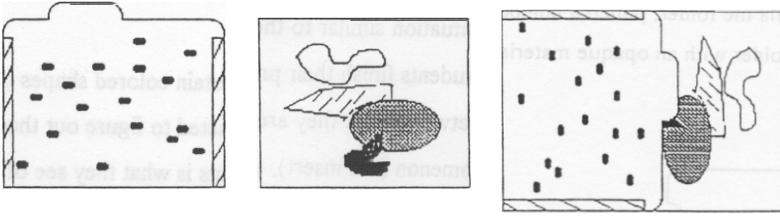
cuando se trata el tema de la estratificación y la formación rocosa. Con respecto a NOS, esta actividad refuerza la comprensión de los alumnos sobre la importancia de la observación y la inferencia en la ciencia y les presenta la noción de creatividad y su rol en la construcción del conocimiento científico. Los estudiantes deberían ser capaces de reconocer que el conocimiento científico es en parte producto de la inferencia humana, la imaginación, la creatividad, aunque es, al menos parcialmente, respaldada por la evidencia empírica.

Además, se debería ayudar a los estudiantes a darse cuenta que la ciencia no genera conocimiento absoluto o cierto. Todo el conocimiento científico está sujeto al cambio (es decir, es provisorio) en la medida que se acumula evidencia o cuando la evidencia disponible es interpretada a la luz de nuevas hipótesis, teorías, o leyes. Con respecto a la investigación científica esta actividad ejemplifica claramente que todas las investigaciones científicas no siguen un grupo o secuencia de pasos (método científico), y la idea de que los datos no son lo mismo que la evidencia.

## **Preparación de los Materiales de Enseñanza por el Profesor antes de la Clase:**

- En la parte más amplia de una carpeta de archivos, se perforan varios orificios siguiendo un patrón regular y para que quede igual que una rejilla (ver Figura 1).
- Pegue con cinta adhesiva la carpeta dejando la parte de la pestaña libre para hacer un sobre.
- Haga un inserto (hoja de papel, lámina) poniendo pegamento en pedazos de papel de colores y con formas diversas y pegándolos en la hoja de cartulina. Los insertos no deben ser iguales.
- Ponga la hoja de cartulina dentro del sobre con los pedazos de papel de color frente a los orificios.
- Pegue una transparencia sobre la parte de la carpeta que tiene los orificios.
- Con un marcador no permanente los alumnos pueden dibujar en la transparencia y si gustan pueden borrar su dibujo.

Figura 1. Ejemplo para la Enseñanza de Geología



### Actividades para los Alumnos:

1. A cada alumno, o grupo de estudiantes se les entrega una carpeta de papel (con los insertos en su interior) y un marcador no permanente.
2. Se les informa a los alumnos que los insertos tienen ciertas formas de colores pegadas. A los alumnos sin sacar las hojas insertas se les indica que deben adivinar esas formas y sus colores. La única información disponible es lo que ven del papel de color a través de los orificios.
3. Se les pide a los alumnos que dibujen en la transparencia las formas que creen que tienen los insertos de colores.

### La Investigación de los Alumnos:

Esta actividad tiene como objetivo poner a los alumnos en una situación parecida a la que los científicos enfrentan en su trabajo. Cuando los alumnos terminan de proponer formas, se toma tiempo para hacer explícito las similitudes entre lo que ellos están haciendo y lo que los científicos realizan habitualmente.

A algunos se les pide que quiten la hoja inserta de sus carpetas (otros deben mantener la hoja en el interior). A los primeros, se les pide que comparen en frente de la clase sus dibujos propuestos con lo que la imagen es realmente. Algunos alumnos estarán muy sorprendidos por las diferencias entre lo que inferían podría ser la imagen y como es realmente cuando la sacan del sobre. Se explica muy claramente que los científicos a menudo no tienen el lujo de sacar las imágenes insertas y examinarlas. En

vez de eso, tienen que inferir de forma creativa una respuesta o varias respuestas a partir de la información disponible.

Luego a los alumnos que todavía tengan las láminas dentro de las carpetas se les pregunta:

- *¿Cuán seguro estás de tus dibujos?*
- *¿Qué podría hacerte cambiar de opinión acerca de las formas de la imagen de la carpeta?*
- *¿Qué haría un científico?*
- *¿Crees que el conocimiento científico puede cambiar?*

En este momento, es importante discutir con los estudiantes si ellos siguieron la secuencia de pasos que aparece en sus libros como el método científico. Los alumnos rápidamente se dan cuenta, que aunque ellos estaban haciendo lo que los científicos hacen, ellos no estaban siguiendo los pasos del algoritmo que aparece en sus libros.

Con alumnos más pequeños (antes del segundo grado) sería mejor que todos los alumnos quiten los insertos para comparar sus inferencias con los patrones reales. Con alumnos mayores sería mejor idea que la mayoría de ellos mantuvieran las imágenes dentro de la carpeta y no las quitaran. Esta actividad les proporciona una experiencia que es más consistente con las investigaciones científicas reales.

## **La Reflexión y el Balance del Profesor acerca de esta Actividad:**

El profesor les recuerda a los alumnos que después de recolectar la información, los científicos, al igual de lo que acaban de hacer, infieren respuestas para sus preguntas que son consistentes con los datos. La creatividad e imaginación son esenciales en este proceso. Es muy parecido a lo que los alumnos han realizado cuando literalmente han llenado los espacios entre los orificios para generar una imagen final de como ellos pensaban se veían las pedazos de papel de color, los científicos participan en un proceso creativo para dilucidar la información que han recolectado y obtener una

imagen final o una respuesta. En este punto, el profesor puede destacar que lo observado constituye información, pero que después las inferencias que fueron realizadas para lo no visto pueden transformarse en evidencia a favor o en contra de ciertas inferencias. Por supuesto, los datos pueden terminar siendo irrelevantes para cualquier conclusión a que se pueda llegar.

Sería particularmente acertado si el profesor pudiera mostrarles a los alumnos mapas del lecho rocoso de diferentes países ya que estos a veces difieren en la manera en que se construyen. Por ejemplo, los mapas estadounidenses no hacen diferencia entre las rocas que han sido observadas directamente a través del proceso de recolección de muestras del núcleo y peñascos. Por el contrario, en los mapas canadienses se distingue lo que ha sido observado directamente de lo que ha sido inferido a través de sombreados de distintos colores. Esta actividad refuerza que lo que los alumnos han realizado es muy parecido a lo que los geólogos hacen en su trabajo.

Al discutir acerca de la actividad, el profesor hace una serie de preguntas con las que los alumnos deben reflexionar acerca de la naturaleza de la ciencia y la investigación científica. Específicamente, los alumnos, a través del cuestionamiento, se dan cuenta que utilizaron datos para inferir acerca del patrón de las formas que no podían ser vistas. Se dan cuenta que toda la información no estaba disponible y que las inferencias eran necesarias. En resumen, el conocimiento científico es una combinación de observación e inferencia. Como consecuencia de este proceso de inferencias, los estudiantes también se dan cuenta que el conocimiento científico está sujeto a cambio. No todos los estudiantes interpretaron la información de la misma forma y la discusión acerca de patrones diferentes puede resultar en que los alumnos cambien sus inferencias. Este tipo de discusiones, tal como ha sido ilustrado en el ejemplo anterior, son una forma que tiene el profesor de hacer que la naturaleza de la ciencia y la investigación científica dentro de la instrucción sea explícita, mientras tanto sigue proporcionando atención suficiente a los contenidos “tradicionales”.

¡No me dejes colgando!

Esta actividad puede ser incorporada fácilmente dentro de un curso de física o un curso de ciencias de la física a un nivel más básico cuando se aborde el tema de la energía del sonido. Además, la actividad refuerza la comprensión de los estudiantes del hecho que todas las investigaciones científicas comienzan con una pregunta comprobable y el papel que tiene la información y la evidencia en la construcción de conclusiones. En relación a NOS, esta lección también enfatiza que todo el conocimiento científico es una función de la creatividad humana, y necesariamente implica observación e inferencia.

### **Preparación de los Materiales para la Enseñanza por parte del Profesor antes de la Clase:**

Para cada estudiante (ver Figura 2)

- Un colgador de alambre
- Dos trozos de cuerda, cada uno de 1 metro de largo.

Figura 2. Ejemplo de Enseñanza para la Clase de Física



### **Actividad del Alumno:**

1. Se les pide a los alumnos que amarren un extremo de cada cuerda a las esquinas inferiores del colgador, luego envuelva los extremos libres de las dos cuerdas dos o tres veces alrededor de los dedos índices de cada mano. Algunos alumnos necesitarán la ayuda del profesor.
2. Se les pide a los alumnos que muevan el colgador para que lentamente choque contra algún objeto sólido en la habitación, objetos tales como escritorios, libros, armario, libreros o el piso.

3. El profesor incentiva la observación mediante las siguientes preguntas:
  1. ¿Cómo sonó?
  2. ¿Cómo se sintió?
  3. ¿Hicieron alguna inferencia con respecto a estas observaciones? (es decir, los objetos metálicos hacen que las cuerdas vibren más rápidamente o los objetos más blandos hacen ruidos más suaves).
4. Luego, se les pide que el colgador choque con los mismos objetos, pero esta vez con su dedo índice en los oídos.
5. Luego se les pregunta:
  1. *¿Qué observaron esta vez?*
  2. *¿Cambiaron sus observaciones?*
  3. *¿Han echo nuevas inferencias como resultado de estas nuevas observaciones?*
6. Se les pregunta a los alumnos que más les gustaría saber acerca del hecho que fue observado, por ejemplo:
  1. *¿Qué ocurriría si se cambiara el largo de la cuerda?*
  2. *¿Qué ocurriría si se usa un cordón de lana o plástico en vez de la cuerda?*
  3. *¿Se harían las mismas observaciones si se substituye otro objeto por el colgador como una cuchara de metal, una regla de plástico o un colgador de madera?*

## **Investigación de los Alumnos**

- 1) Continúa una discusión acerca de si estas son todas preguntas comprobables que pueden ser respondidas a través de investigaciones científicas. En pares deben escoger una pregunta y discutir entre ellos como diseñarían una investigación para responderla.
- 2) Se les da tiempo (15 a 20 minutos) para que desarrollen sus investigaciones y respondan sus propias preguntas.
- 3) Luego, se les hace las siguientes preguntas:
  - ¿Lo que han descubierto coincide con sus predicciones?
  - Durante la investigación, ¿hicieron alguna observación, recolectaron información, hicieron varias pruebas, analizaron los

- datos disponibles, hicieron inferencias y llegaron a una conclusión?
- ¿Necesitan hacer más investigaciones?
  - ¿Tienen más preguntas?

## **Reflexión y Balance de la Actividad del Profesor:**

Después de discutir las respuestas de las preguntas antes mencionadas, el profesor de manera explícita destaca los distingos aspectos de la naturaleza de la ciencia y la investigación científica con los que los alumnos acaban de experimentar. Una típica reflexión para este tipo de actividad podría ser la siguiente:

*Comenzaste haciendo observaciones acerca de los diferentes sonidos que escuchaste con y sin tus dedos en los oídos. A partir de estas observaciones pudiste inferir lo que ocurrió y por qué. Luego, a partir de estas inferencias hiciste tus propias preguntas y un plan para resolverlas. Todas las investigaciones científicas comienzan con una pregunta al igual que la tuya.*

*Incluso la predicción que se hizo acerca de la posible respuesta fue una inferencia basada no sólo en observaciones sino que también en nuestro propio conocimiento previo, experiencias y en lo que pensamos que ocurriría. Las conclusiones a las que llegaste también eran inferencias basadas en observaciones que hiciste durante la investigación.*

*Los científicos también hacen observaciones e inferencias cuando realizan sus investigaciones. Al igual que tú, los científicos hacen preguntas, planifican y diseñan las investigaciones para responder sus preguntas, recolectan y analizan datos, y llegan a una conclusión. Al igual que todos los científicos, cada uno pensó en algo e hizo las mismas cosas. Usaste la creatividad cuando diseñaste la investigación, analizaste la información, y trataste de responder tu pregunta. Además, tus conclusiones finales corresponden a una función de la creatividad humana. Finalmente, tus conclusiones se basaron en la información que recabaste y que ya conocías acerca de cómo sonaba el colgador en las primeras dos actividades, no inventaste una respuesta a tu pregunta. Basaste tu respuesta en evidencia.*

Tal como se mencionó en el ejemplo anterior, estas preguntas reflexivas acerca de la actividad, además de las preguntas dispersas

durante toda actividad invitan a participar a los alumnos en discusiones acerca de los distintos aspectos de la investigación científica y la naturaleza de la ciencia. Estas discusiones hacen explícitas la investigación y la naturaleza de la ciencia en el transcurso de la clase con atención a los contenidos “tradicionales”.

## Comentarios Finales

El desarrollo de una población alfabetizada científicamente es un objetivo clave para la enseñanza de la ciencia en todo el mundo. Es de vital importancia que los estudiantes sean capaces de usar su conocimiento de la ciencia para tomar decisiones informadas acerca de temas personales y a nivel de sociedad que tienen fundamento científico. El conocimiento de la naturaleza y los límites del conocimiento científico (es decir, NOS) y como se genera el conocimiento (es decir, IC) son temas cruciales para el desarrollo de la alfabetización científica. Desafortunadamente, a los profesores se les ha entregado poco respaldo en términos de su conocimiento de NOS e IC, y su capacidad para enseñar estos conceptos. En este capítulo se han entregado significados concretos para NOS e IC, que son importantes para los estudiantes de la enseñanza primaria y secundaria (K-12), y a proporcionado una descripción concreta de cómo los formadores de profesores de ciencias pueden ayudar a desarrollar el PCK de los profesores de ciencias. Este proceso requiere de un trabajo arduo y de mucho tiempo, pero su resultado mejorará de manera significativa la educación científica que experimentan nuestros alumnos.

## Referencias

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82: 417-437.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37: 1057-1095.
- American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Central Association of Science and Mathematics Teachers (1907). A consideration of the principles that should determine the courses in biology in the secondary schools. *School Science and Mathematics*, 7: 241-247.
- Chalmers, A. F. (1982). *What is this thing called science?* (2nd ed.). Queensland, Australia: University of Queensland Press.
- Duschl, R.A., & Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26: 467-501.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N.G. (1993). Pre-service Biology teachers' knowledge structures as a function of professional teacher education: A year-long assessment. *Science Education*, 77: 25-45.
- Hrdy, S. B. (1986). Empathy, polyandry, and the myth of the coy female. En R. Bleier (Ed.), *Feminist approaches to science* (pp. 119-146). Pergamon Publishers.
- Klopfer, L. E., & Watson, F. G. (1957). Historical materials and high school science teaching. *The Science Teacher*, 24: 264-293.
- Lederman, N.G. (1998). The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education* [On-Line], 3 (2), December. Disponible: <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html>
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. En: W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, pp.83-126. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N.G., & Lederman J.S. (2004). Revising instruction to teach nature of science: Modifying activities to enhance student understanding of science. *The Science Teacher*, 71: 36-39.
- Lovejoy, C. O. (1981). The origin of man. *Science*, 211: 341-350.
- National Academy of Sciences. (1998). *Teaching about evolution and the nature of science*. Washington, DC: National Academy Press.

- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Teachers Association. (1982). Science-technology-society: Science education for the 1980s. (An NSTA position statement). Washington, DC: Author.
- Popper, K. R. (1963). *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. London: Routledge.
- Popper, K. R. (1988). *The open universe: An argument for indeterminism*. London: Routledge.
- Showalter, V. (1974). What is unified science education? Program objectives and scientific literacy, *Prisim II*, 2 (3+4).



# Capítulo 6. Pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias

Martin Braun<sup>11</sup>

---

## Introducción

En los sistemas educacionales de muchos países se reconoce y acepta que la enseñanza de las ciencias involucra más que la mera transmisión de hechos y teorías. Es común para los profesores de ciencia, esperar que la ciencia contribuya al desarrollo de habilidades prácticas y que las actividades de aprendizaje y enseñanza contribuirán a formar una actitud positiva hacia la ciencia. Pero, además de esto, muchos profesores de ciencia y académicos formadores de profesores de ciencia ahora ven la educación de las ciencias para motivar, desarrollar y usar las **habilidades cognitivas** de los alumnos (cognición = habilidad de pensar/ proceso de pensar). A veces, los educadores de ciencia dicen que buscan el desarrollo del “**pensamiento**” o habilidades “cognitivas”. Muchos incluso esperan que el pensamiento en ciencias contribuya al desarrollo de **estrategias cognitivas** generales que se pueden aplicar a otras materias de aprendizaje distintas de las ciencias y de esta manera, construir la capacidad intelectual general de los estudiantes. Como resultado, en años recientes, se ha observado una tendencia en la elaboración de políticas en muchos países a identificar conjuntos de habilidades o estrategias genéricas que se espera que la persona bien educada posea al salir del sistema escolar. Las

---

11 Magister en Ciencias de la Educación, Universidad de Leeds. Profesor adjunto en la Facultad de Educación y Ciencias Sociales en la Universidad de Tecnología de la Península de Cabo, Ciudad de Cabo, Sudáfrica y miembro honorario en el Departamento de Estudios Educativos de la Universidad de York, Reino Unido. E-mail: mb40@york.ac.uk.

habilidades de pensamiento (o *pensamiento crítico*, como se le llama en algunos países) es un ejemplo. Como lo conceptualiza Richard Paul, uno de los pensadores líderes en Pensamiento Crítico, hay ciertos conjuntos de habilidades intelectuales esperadas que requieren que los alumnos ejerciten, por ejemplo, la disciplina, toma de riesgos intelectuales, valor, perseverancia de la integridad e imparcialidad (Paul & Elder, 2004).

En Sudáfrica, el gobierno, en un esfuerzo por mejorar la democracia y ampliar el compromiso público con el debate, ha llegado más lejos que otros países iniciando el documento del currículo para estudiantes de 14-18 años con un objetivo primordial: exigiendo cuestionamiento crítico, reflexión, y la comprensión de conceptos y procesos y su aplicación en la sociedad (DoE, 2006, p46). Para ayudar a los profesores de ciencias neófitos en este área de la enseñanza en Sudáfrica, fue necesario explicar el pensamiento crítico en términos de contribución a la educación en ciencias y tecnología y establecer qué implicaba enseñar pensamiento crítico. Un grupo de trabajo, que incluía educadores en ciencia de la Universidad de York en el Reino Unido y profesores, consultores del gobierno y curriculistas en Sudáfrica revisaron este campo y llegaron a la siguiente declaración:

El pensamiento crítico es un componente esencial del aprendizaje efectivo, especialmente en ciencias. Deseamos ver estudiantes que tengan un mayor desarrollo de su razonamiento y por lo tanto, más fortaleza intelectual. El pensamiento crítico logra esto entregando a los estudiantes maneras de pensar más disciplinadas, a través de las cuales, de manera más hábil, conceptualicen, apliquen conocimientos e ideas, sinteticen, analicen y evalúen de manera de guiar sus pensamientos, creencias y acciones de mejor forma.

Botha, et al. (2006)

## La argumentación como parte del pensamiento crítico

¿Qué está incluido exactamente en el pensamiento crítico? Para establecer esto, se llevó a cabo un estudio *Delphi* de perspectivas expertas sobre el contenido del pensamiento crítico (Facione & Facione, 1992). De éste, se reconocieron seis habilidades de pensamiento crítico y un número de sub-habilidades:

*Interpretación* de información (clarificación de significados, categorización, decodificación de significancia);

*Análisis* de evidencia (exanimación de ideas, identificación y análisis de argumentos)

*Evaluación* (evaluación/valoración de afirmaciones y argumentos)

*Inferencia* (cuestionamiento de evidencia, conjeturando alternativas y bosquejando conclusiones)

*Explicación* (presentación de resultados, justificación de procedimientos y presentación de argumentos.)

*Autorregulación* (auto examinación y auto corrección)

De esta lista se puede ver que la argumentación (el proceso de argumentar) juega un rol clave en el pensamiento crítico. El proceso de la argumentación se centra en la generación y evaluación de evidencia que respalde un enunciado. De este modo, el proceso de la argumentación se vale considerablemente de las habilidades del pensamiento crítico de (ii) a (iv) nombradas anteriormente, es decir, analizar y evaluar evidencia que respalde un enunciado y bosquejar inferencias. El proceso de la argumentación incluye la habilidad de formular un argumento, usando evidencia para fundamentar el argumento y, aún más fuerte, refutar argumentos de otros. Por ende, la argumentación es central para el pensamiento crítico, debido a que requiere razonamiento lineal (justificar la selección de evidencia que fundamente un enunciado) como en el pensamiento Confuciano y también en el pensamiento dialógico “**back-and-forward**” (Andrews, 2007).

## La importancia de la argumentación en el aprendizaje de las ciencias

La argumentación es vista como una de las principales maneras de operacionalizar el pensamiento crítico en dominios específicos del conocimiento, como las ciencias (Kuhn 1993). Tratar con evidencia en una forma crítica debiera, por lo tanto, ser central en la enseñanza de las ciencias en la escuela y podría abogarse que es una representación de las ciencias intelectualmente más honesta, en cuanto, reconoce las formas en que el conocimiento ha sido construido y validado (Duschl & Osborne, 2002; Sandoval & Reiser, 2004).

Debido a que la construcción del conocimiento científico es una empresa en donde las ideas son validadas por sucesivas pruebas de robustez de la evidencia que las respalda, los procesos de argumentación son centrales para este tema. Si la educación es constructivista, en el sentido de construir sobre las ideas existentes de los alumnos, como los educadores en ciencias en muchos países hoy aceptan, (Driver *et al.*, 1994), es crucial documentar las maneras en que los estudiantes se las arreglan con situaciones en las cuales, el pensamiento crítico a través de la argumentación, es usado para racionalizar visiones cotidianas con visiones científicas.

En su excelente revisión, Jiménez-Aleixandre y Erduran (2008) proponen 5 contribuciones entrelazadas que podrían desprenderse de la introducción de la argumentación en la sala de clases de ciencias. (p. 5). Éstas incluyen:

- Apoyar el acceso a procesos cognitivos y metacognitivos que modelen desempeño experto;
- Lograr alfabetización científica, la cual ayudará a los estudiantes a dialogar o escribir en el lenguaje de las ciencias;
- Apoyar la aculturación de las prácticas científicas, especialmente, la evaluación del conocimiento científico.
- Motivar el desarrollo del razonamiento, particularmente, la elección de teorías basándose en criterios racionales;
- Fortalecer las competencias comunicativas, en particular, el pensamiento crítico.

## ¿Qué es un argumento y cómo se caracteriza en ciencias?

Cuando los alumnos de las escuela, especialmente, los más jóvenes, piensan por primera vez en un argumento, generalmente lo ven como una confrontación, en vez de pasos razonados en un discurso. En los años 60, un famoso programa humorístico inglés, llamado Monty Python's Flying Circus, se valió de este malentendido de argumento en un satírico sketch llamado "La Clínica del Argumento". En este sketch un hombre, interpretado por Michael Palin, paga por lo que él cree que será un constructivo y erudito diálogo argumentativo basado en la retórica y el debate con un debatiente interpretado por John Cleese. Contrario a lo que él pensaba, es confrontado con una serie de desacuerdos que son refutaciones irracionales a todo lo que él dice. Frustrado por no obtener lo que buscaba, el hombre propone (afirma) lo siguiente:

Hombre: Un argumento no es solo contradicción.

Debatiente: ¡Bueno! ¡PUEDE ser!

Hombre: ¡No, no puede ser! Un argumento es una serie de afirmaciones conectadas que apuntan a establecer una proposición.

Monty Python- Argument Clinic Sketch – BBC (2004) (SERIES 3)

Este intercambio contiene, de hecho, algunos de los ingredientes esenciales de un argumento. Un enunciado por parte del hombre, de que un argumento no es sólo contradicción, una calificación, de parte del debatiente, de que, en algunas circunstancias, puede serlo; y una justificación del hombre para fundamentar su enunciado original que entrega su definición de argumento. Sin embargo, hay más sobre argumentación (el proceso de argumentar) que esto y, para ejemplificar esto discutiremos un ejemplo de argumentación en un contexto científico.

El ejemplo fue sacado de una investigación realizada en España, con alumnos de biología de 10º grado, con el fin de descubrir sus enfoques de argumentación en genética (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez & Duschl, R., 2000). El contexto y los antecedentes se les entregaron como una tarea abierta (ver Recuadro 1) y se les pidió a los estudiantes que entregaran afirmaciones argumentadas

que explicaran por qué los pollos criados en granjas tienen más plumas amarillas, mientras que los pollos silvestres tienen plumas con manchas. Hay tres afirmaciones principales (proposiciones/propuestas) que pueden explicar el fenómeno; que el ambiente (ej: el color de la luz) en la granja afecta el color de los pollos, que el alimento que ingieren contiene una sustancia que causa que las plumas se tornen amarillas o que los pollos presentan una variación natural en el color de sus plumas, que en estado salvaje resulta, por medio de la selección natural, en una población con mayoría de ejemplares con manchas, mientras que en la granja, se selecciona la variante amarilla y la población cambia a través de la herencia de la variante amarilla, hacia una mayoría de ejemplares de plumas de color amarillo. El último enunciado es la explicación más plausible biológicamente.

#### Recuadro 1: Pollos de granja y pollos silvestres

Como saben, diferentes animales, como pollos, cerdos o vacas, se crían en granjas, para obtener carne y huevos sin tener que matar animales silvestres.

Pero, debido a que los pollos son criados en granjas, hay un problema: muchos pollos nacen con plumas amarillas en vez de las plumas con manchas café de los pollos silvestres. Algunas personas no los quieren comprar, porque se ven extraños, y esto hace que las granjas pierdan mucho dinero.

Cerca de nuestra ciudad se instaló una nueva granja avícola, "La gallina feliz" dos años atrás, con inmensas instalaciones para criar pollos. Pero en el último año, tuvieron algunos problemas, porque muchos pollos tienen plumas amarillas, en lugar de tener plumas con manchas café. La granja reunió a su equipo de biólogos para resolver el problema.

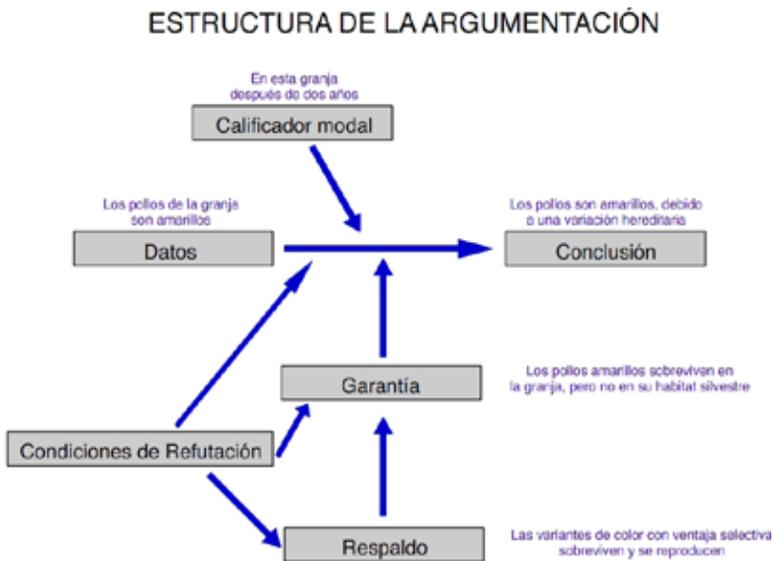
Debes aconsejar a los biólogos, estudiando qué podría causar este cambio de color en los pollos, pero siempre dando razones para tu respuesta. Si das una respuesta que no puedes fundamentar con argumentos, entonces no tendrá validez. También puedes sugerir qué estudios o tests realizarías para mostrar que estás en lo correcto.

*Adaptado de: Jiménez-Aleixandre, M., Rodríguez, A., & Duschl, R. (2000).*

Una línea de razonamiento basada en el tercer enunciado (sobre variación hereditaria) se puede representar con un diagrama que muestra la estructura de la argumentación y las líneas de razonamiento que fueron usadas (ver figura 1). Este método de descripción de la estructura de la argumentación fue desarrollado por Stephen Toulmin en los años 50 (Toulmin, 2003 – edición revisa-

da) y es aún una de las formas más útiles en que los profesores de ciencia pueden conceptualizar lo que la argumentación conlleva. El esquema de Toulmin incluye una premisa (una aseveración o conclusión), basada en datos (evidencia que puede ser información explícita o perspectivas basadas en la ética y la moral) fundamentados por garantías (una razón para el enunciado) al mismo tiempo fundamentada por respaldos (modelos científicos o leyes). El enunciado podría tener un calificador modal (limitación de la aplicabilidad de la afirmación), y puede ser desafiada con un contrargumento (una aseveración alternativa) o una refutación (un rechazo razonado del enunciado justificación o antecedente). Se ha realizado un número considerable de investigaciones sobre las formas de enseñar argumentación en la sala de clases de ciencias usando aplicaciones del modelo Toulmin (e.g., Osborne *et al.*, 2004; Duschland & Osborne, 2002).

Figura 1.- Estructura de un argumento utilizando el ejemplo de los pollos de granja y pollos silvestres.



## Evaluando la argumentación

El esquema de argumentación de Toulmin ha sido usado para crear un número de niveles, cada uno de los cuales representa un argumento más desarrollado y sofisticado (Osborne *et al.*, 2004). Estos

niveles se muestran en la Tabla 1. Investigadores de muchos países se han servido de estos niveles para juzgar los resultados de los argumentos sobre ciencia de estudiantes de escuelas y universidades y de profesores y estudiantes de pedagogía. Hasta ahora, los descubrimientos han sido desalentadores con escasos argumentos sobre el nivel 2 o 3, principalmente, debido a la falta de razonamientos y respaldo o ausencia de refutaciones. También se presentan, al parecer, diferencias entre argumentaciones de culturas diferentes. Por ejemplo, en un estudio con profesores de ciencia sudafricanos, se notó que los enunciados (sobre la discusión acerca de los pollos que se menciona anteriormente) se propusieron en paralelo con casi nada o muy poco interés por desafiar o refutar algún argumento de otro, al contrario, se llegó a una opinión consensuada que aceptaba todos los enunciados paralelos (Scholtz *et al*, 2008). Esto podría relacionarse con el uso, por parte de los profesores, del concepto de *Ubuntu* (literalmente traducido como *humanitarismo* de las lenguas Nguni habladas en Sudáfrica). La visión de mundo Ubuntu se centra en la idea fundamental de la cultura Africana de mantener la armonía de las relaciones en la comunidad y con la naturaleza (Boon, 1996).

En vez de comparar y juzgar las contribuciones individuales según su mérito intrínseco, éstas son juzgadas de acuerdo a qué tanto promueven la armonía y reciprocidad. En estos casos la argumentación inclusiva de la ciencia puede ser definida como la habilidad de entregar evidencia y justificaciones para los enunciados o decisiones, tomando cognición de las visiones de otros. Debido a esto, Scholtz *et al*, (2008) ha sugerido una revisión de los niveles de evaluación de la argumentación que reconozca el valor de los calificadores en la argumentación. La necesidad de adaptar los niveles de evaluación de la argumentación ha sido de igual manera reconocida por estudios en Australia (Dawson, 2008). Los productos de los niveles de argumentación también se ven afectados por el ambiente de la sala de clases y la familiaridad y experiencias de los estudiantes y del profesor con las discusiones que implican trabajo colaborativo de grupo. A continuación se revisarán formas de facilitar la argumentación en la sala de clases de ciencias.

## Apoyando la argumentación en la sala de clases de ciencias

El pensamiento crítico y la argumentación requieren un enfoque de enseñanza de las ciencias que implica un alto nivel de participación entre estudiantes. Si la sala de clases está organizada con filas de pupitres mirando hacia el profesor y la atmósfera de la sala del discurso de aprendizaje es más una en donde el profesor hace preguntas y los estudiantes responden sólo cuando el profesor los interroga, es improbable que la argumentación prospere. En las salas de clases donde se practica la argumentación, el profesor es más como un facilitador que entrega estímulos para el debate y la discusión, organiza grupos, hace andamiaje en discusiones y argumentos cuando proceda y sonsacando conclusiones tentativas de grupos diferentes en plenarias (al final de la clase) donde toda la clase participa. La figura 2 más abajo, muestra la estructura usada por un profesor de décimo grado (2° medio) para organizar una clase sobre asuntos relacionados con la venta de órganos para trasplantar pacientes – un tema que el llamó “turismo de órganos”. Treinta alumnos se sentaron en grupos de 4. El profesor empezó informando al curso que el propósito de la clase era desarrollar sus habilidades argumentativas. El probó sus concepciones de lo que constituía un buen argumento. Luego mostró una tabla que describía los componentes de un buen argumento, como recurrir a razones, evidencia, hechos y afines. Se distribuyeron lecturas, que contenían estudios de caso de tráfico de órganos, para que los grupos leyeran y realizaran una dramatización que dos grupos presentaron. Luego, se les pidió a los grupos que tomaran parte en una discusión argumentativa, donde listaran los pros o los contras del tráfico de órganos. El profesor resumió las respuestas de los alumnos en la pizarra. Posteriormente, se les pidió a los alumnos que llegaran a un consenso, en sus respectivos grupos, sobre apoyar el tráfico de órganos o no. Finalmente, el profesor facilitó una discusión con el curso completo, en la cual se le permitió a los grupos, defender sus posiciones.

Tabla 1. Niveles de Argumentación (tomado de Osborne et al., 2004).

Niveles	Descripción
1	Argumentaciones que son conclusiones simples, versus un contraargumento o contra conclusión versus conclusión.
2	Argumentaciones que consisten en una conclusión versus una conclusión con datos, garantías o respaldo, pero sin refutaciones.
3	Argumentaciones con una serie de enunciados o contra enunciados con datos, garantías o respaldos con refutaciones débiles ocasionales.
4	Argumentaciones con una conclusión con una refutación claramente identificable. Tal argumento puede tener varias conclusiones y contra conclusiones.
5	Manifiesta una argumentación extendida con más de una refutación.

La estructura es similar a la descrita por Scott (1987) para las salas de clases organizadas para el aprendizaje constructivista, pero, según ha sido fundamentado anteriormente, sobre el rol crucial que juega el pensamiento crítico en el aprendizaje de las ciencias, esto es muy consistente. El primer elemento estructural, *preparación para el aprendizaje*, describe el ambiente físico y las preparaciones que el profesor hace para asegurar que las condiciones para el aprendizaje y la argumentación son las más efectivas posibles. El segundo elemento, *acordar objetivos de aprendizaje*, da cuenta de las maneras en que el profesor ayuda a los estudiantes a apreciar las intenciones de la clase en términos de las habilidades argumentativas, contenidos y conceptos y lo que los estudiantes deben hacer para demostrar sus logros en contraste con los objetivos de aprendizaje ya establecidos. El tercer elemento, *construcción de significado*, describe las actividades principales a través de las cuales, los estudiantes construyen nuevo conocimiento o entendimiento a través del argumento, mientras que el cuarto elemento, *demonstrando un nuevo entendimiento*, muestra las formas en que los estudiantes declaran sus proposiciones y nuevos aprendizajes, por ejemplo, a través de presentaciones grupales o individuales al resto de la clase. El elemento final del *marco teórico*, *repasando los nuevos aprendizajes*, trata con la meta-cognición, en otras palabras, ejemplos de cómo los alumnos reflexionaron sobre sus argumentos y sus nuevos aprendizajes y si alcanzaron o no los objetivos establecidos para la clase y sus visiones de las razones de ello. Esta parte final se alimenta de la primera y segunda etapa de la estructura haciéndola cíclica.

Cuando esta clase fue observada y analizada se descubrió que un número de acciones críticas por parte del profesor ayudaron a los estudiantes a argumentar de manera efectiva y a producir niveles de argumentación sobre el nivel 2, de acuerdo al esquema mostrado en la tabla 1. Por ejemplo, cuando un grupo estaba algo “atascado” con su argumento, el profesor estimuló más contribuciones de la siguiente manera:

Profesor:

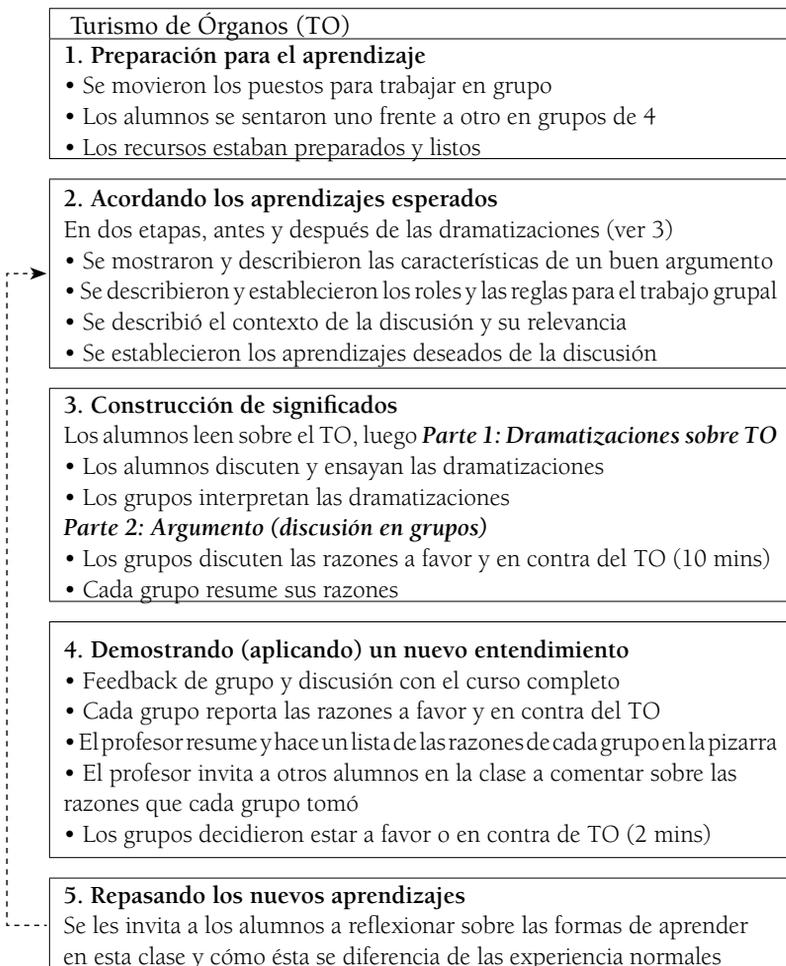
Ahora nos adentramos en un asunto moral sobre esto (tráfico de órganos) ... Yo pienso... que es una cuestión personal, que probablemente tengamos que sentarnos y hacer este ejercicio **personal**... cómo te sientes sobre tus propios valores y cómo has sido criado eventualmente influirá la decisión que tomarás (donar o no un riñón).

Alumno:

Si dicen (los médicos) que tu hijo necesita un trasplante... OK... y tu eres un donante apropiado... y está contra tu religión (someterse a una cirugía/sacarse un órgano) y tú vas... tú vas... a pensar en tu hijo primero, aunque tu religión diga... Tú vas a ayudar a tu hijo. Lo primero que piensas es en ayudar a tu hijo en vez de... OK, lo que dice tu religión que él debe morir. Eso es **lo que pienso**.

(Tomado de Braund *et al*, 2007)

Figura 2. Estructura de una clase para discusión argumentativa sobre trasplante y tráfico de órganos (Turismo de Órganos).



Esta habilidad de reaccionar ante las argumentaciones de los alumnos y estimular el desarrollo del argumento es importante y ha sido catalogado, por otros investigadores, como efectivo (Simon, Erduran & Osborne, 2006). Tomar una posición contraria a la elegida por los alumnos o desafiar sus enunciados en base a la evidencia que usan como garantía o respaldo son ejemplos. Se puede hacer andamiaje de los argumentos de los alumnos, haciéndolos planear cuales serían sus enunciados, que desafíos podrían venir de otros estudiantes y cómo responderías a éstos. Es importante recordar, sin embargo, que esta actividad no debe ser vista como algo que se realiza en forma individual. Como preludeo del

debate funciona, pero sólo si es seguido de una discusión grupal. Un marco teórico que respalda este planeamiento de ideas ha sido desarrollado por Osborne *et al.* (2001), el cual se muestra en la Figura 3.

Para alumnos más jóvenes, se ha descubierto que las “caricaturas conceptuales”, que presentan enunciados opuestos para explicar un fenómeno, entrega maneras interesantes y estimulantes de iniciar a los alumnos en el argumento científico (Keogh & Naylor, 1999). El ejemplo en la figura 4 es de un hombre de nieve y enunciados opuestos sobre si ponerle el abrigo al hombre de nieve aceleraría o retardaría que se derrita.

Figura 3. Marco teórico del pensamiento argumentativo.

Mi idea es que ...
La evidencia que respalda mi idea es...
Los argumentos en contra de mi idea podrías ser que ...
Convencería a alguien que no me cree diciéndole ...
La evidencia que usaría para convencerlos es ...

Figura 4. La caricatura del hombre de nieve.



Una parte crucial de este método es la pregunta: ¿Qué piensas tú?, ya que permite que los alumnos produzcan enunciados razonados o refutaciones de los enunciados ya dichos.

Osborne *et al.* (2004) han producido materiales para apoyar la argumentación en contextos puramente científicos (al contrario de aquellos como el “turismo de órganos” que entran en la dimensión, ética, moral y social). En un ejemplo el propósito era estimular la argumentación sobre la clasificación de la *Euglena*, un organismo unicelular que tiene elementos que son propios tanto de animales, como de plantas. En este caso, se les entrega a los grupos de alumnos cartas de evidencia que contienen características aplicables a la *Euglena*. Los alumnos tienen que decidir, individualmente, si piensan que la *Euglena* es un animal, una planta o ninguno de los dos, poniendo las cartas de evidencia en la columna que corresponda en una tabla (Figura 5). Ellos comparten sus razones para posicionarlas donde lo hicieron, lo cual estimula la discusión entre grupos.

¿Qué es la *Euglena*?

Estamos considerando si... la *Euglena* es una célula animal o vegetal ...

Figura 5. Marco teórico usado para respaldar la argumentación sobre la *Euglena*. (Tomado de Osborne *et al.*, 2004 p.).

Haz una lista con las razones que te hacen pensar que la <i>Euglena</i> es una célula animal	Haz una lista con las razones que te hacen pensar que la <i>Euglena</i> es una célula vegetal
La razón más convincente para pensar que la <i>Euglena</i> es una célula animal es...	La razón más convincente para pensar que la <i>Euglena</i> es una célula vegetal es...

Considerando los argumentos, ¿Crees que la *Euglena* es una planta o un animal

Discute tu decisión con tu grupo. Una vez que hayas discutido responde: ¿Cambiate de opinión?

Si lo hiciste, ¿Por qué?

## Comentarios Finales

En este capítulo he discutido cómo la argumentación como parte del pensamiento crítico, es crucial para el aprendizaje de las ciencias. El modelo argumentativo de Toulmin nos ayuda a apreciar los componentes de los argumentos en las ciencias y entrega una manera de evaluar su calidad, aunque debemos ser cuidadosos de que nuestra concepción occidental de la argumentación no denigre las formas de argumentar de otras culturas. Como cualquier otro aspecto de la enseñanza de las ciencias, la argumentación puede y debe ser enseñada y aprendida. No podemos esperar que los estudiantes mantengan argumentos constructivos que terminen desafiando su pensamiento y haciéndolos avanzar si el ambiente de la sala de clases no es propicio o si el profesor ve el aprendizaje como transmisión de conocimiento. Este capítulo ha incluido ejemplos de cómo esto puede lograrse.

Las investigaciones han demostrado que la argumentación en contextos puramente científicos (como el ejemplo de la *Euglena*) produce niveles de argumentación más altos que en contextos socio-científicos (como el Turismo de Órganos) (Braund *et al.*, 2007). El peligro aquí es que el profesor se concentre en el primero en perjuicio del segundo. Argumentos socio-científicos y socio-económicos/ambientales (como aquellos sobre decidir si construir

una planta nuclear o no) contienen ciencia compleja y hace uso de las actitudes y conocimientos éticos, morales, sociales y culturales de los estudiantes. Hay un lugar para este tipo de argumentos y evadirlos produciría una especie de currículo estéril opuesto a la corriente actual que tiende hacia un currículum de ciencias hacia una alfabetización científica (ver Goodrum, Hackling & Rennie, 2001; Millar & Osborne, 1998). Con experiencia y un uso docente bien planificado de la argumentación en ciencias en la sala de clases, ésta se desarrollará. Como un área de investigación en educación científica, la argumentación ahora hace una gran contribución a los estudios de investigación publicados en revistas y artículos presentados en conferencias internacionales. Si Chile busca desarrollar una población más alfabetizada en ciencias y entregar los científicos y tecnólogos que el país dice necesita para su desarrollo, entonces ésta es el área de las ciencias que necesita atención urgente. La formación de futuros profesores de ciencias, con vasto conocimiento sobre lo que la argumentación es y cómo enseñarla, jugará un rol clave en esta empresa y, tal como en Sudáfrica, debemos encontrar los métodos y recursos para lograrlo.

## Referencias

- Andrews, R. (2007). Argumentation, critical thinking and the postgraduate dissertation. *Educational Review*, 59: 1-18.
- Boon, M. (1996). *The African way: the power of interactive leadership*. Sandton, South Africa: Zebra Publishers.
- Botha, T., Braund, M., Lubben, F., Scholtz, Z., Hodges, M., Sadeck, M., & Wagiet, F. (2006). *Introducing Argumentation in the Life Sciences*. Cape Town: Edumedia and The Western Cape Education Department.
- Braund, M., Lubben, F., Scholtz, Z., Sadeck, M. & Hodges, M. (2007). Comparing the effect of scientific and socio-scientific argumentation tasks: lessons from South African, *School Science Review*, 88: 67-76.
- British Broadcasting Corporation. (BBC). (2004). *Monty Python Series 3*. London: BBC Worldwide Ltd.
- Dawson, V. (2008). Argumentation about biotechnology with Western Australian high -school students. En: M. Hammann, M. Reiss, C.

- Boulter & S. Dale-Tunncliffe (Eds.) *Biology in Context. Learning and teaching for the twenty-first century*. London: Institute of Education, University of London.
- Department of Education. (DoE). (2004). *Further Education and Training: G10-12 (General): Overview*. Pretoria: Department of Education.
- Driver, R., Asoko, H., Leach J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23: 5-12.
- Duschl, R., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38: 39-72.
- Erduran, S., Simon, S. & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argumentation pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88: 915-933.
- Facione, P., & Facione, N. (1992). *The California Critical Thinking Disposition Inventory (CCTDI)*. Millbrae, Ca. California Academic Press.
- Goodrum, D., Hackling, M. & Rennie, L. (2001) *The status and quality of teaching and learning of science in Australian schools*. Canberra: Commonwealth Department of Education, Training and Youth Affairs.
- Jiménez-Aleixandre, M., & Erduran, S. (2008) Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran & M. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education* (pp. 3-27). Springer: Dordrecht, Netherlands.
- Jiménez-Aleixandre, M., Rodríguez, A., & Duschl, R. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84: 757-792.
- Keogh, B. & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: An evaluation. *International Journal of Science Education*, 21: 431- 446.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: implications for teaching and learning of scientific thinking. *Science Education*, 77: 319-337.
- Millar, R. & Osborne, J. (Eds.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. (London: King's College, School of Education).
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). *Ideas, evidence and argument in science (IDEAS PROJECT)*. London: Kings College, University of London.

- Osborne, J.F., Erduran, S., Simon, S. & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, 82: 63-70
- Paul, R., & Elder, L. (2004). *The miniature guide to critical thinking concepts and tools*. Dillon Beach, Ca: Foundation for Critical Thinking.
- Sandoval, W., & Reiser, B. (2004). Explanation driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88: 345-372.
- Scholtz, Z., Braund, M., Hodges, M., Koopman, R. & Lubben, F. (2008). South African teachers' ability to argue: the emergence of inclusive argumentation, *International Journal of Educational Development*, 28: 21-34.
- Scott, P. (1987) *A constructivist view of learning and teaching in science*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds: Children's Learning in Science Project
- Simon, S., Erduran, S. & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28: 235-260.
- Toulmin, S. (2003). *The uses of argument. Updated edition*. Cambridge: Cambridge University Press.

# Capítulo 7. Desarrollo y evaluación de actividades prácticas para la enseñanza de las ciencias

Robin Millar<sup>12</sup>

---

## Introducción

El trabajo práctico es una parte fundamental de la enseñanza de la ciencia. Durante la clase de ciencias, tratamos de desarrollar en los estudiantes el conocimiento de la naturaleza y ayudarlos a comprender algunas de las ideas, teorías y modelos que los científicos utilizan para explicar y predecir su comportamiento. Debido a la naturaleza los contenidos de la ciencia, su enseñanza implica ‘mostrar’ las cosas a los estudiantes, o ubicarlos en una situación en donde puedan observar por sí solos – y no sólo contándoles lo que es la ciencia.

El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias podemos encontrarlo de dos formas: a través de demostraciones llevadas a cabo por el profesor con sus alumnos observando y quizás colaborando; y las actividades prácticas realizadas por los mismos estudiantes, generalmente trabajando en grupos pequeños. En este capítulo, nos gustaría centrarnos en el segundo tipo. En algunos países tales como el Reino Unido, las actividades en pequeños grupos son un recurso habitual en la enseñanza de la ciencia. En países en donde es menos común, la reforma curricular de la enseñanza de la ciencia se preocupa de incentivar su uso.

---

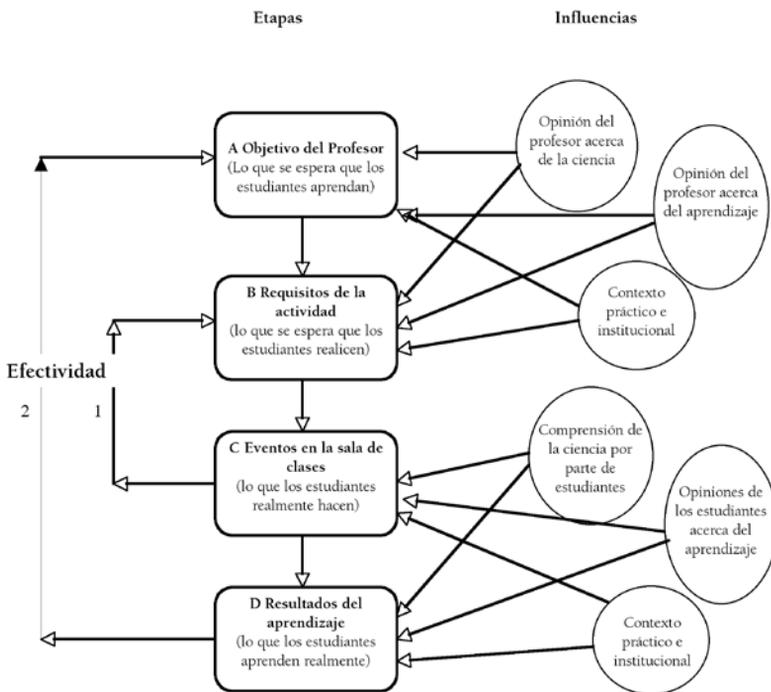
12 Ph (D) en Física Médica en la Universidad de Edinburgh. Posición actual: Profesor en el Departamento de Estudios Educativos, en la Universidad de York, York, UK. E-mail: rhml@york.ac.uk

Muchos profesores consideran que el trabajo práctico desarrollado por los estudiantes los conduce a un mejor aprendizaje – es decir, comprendemos y recordamos mejor las cosas si las hemos hecho nosotros mismos. Además, muchos estudiantes señalan que les gusta realizar trabajos prácticos. Por otro lado, cualquier persona que haya dado clases de ciencia, por experiencia, sabe que usualmente los estudiantes no aprenden de una actividad práctica las cosas que esperaríamos hubieran aprendido. Esta situación ha tenido como consecuencia que algunos educadores pongan en duda la contribución del trabajo práctico para el aprendizaje. Osborne (1998) sostiene que el trabajo práctico ‘únicamente tiene una función limitada que cumplir en la enseñanza de la ciencia y que la mayor parte de éste no tiene valor educativo’ (p. 156). Hodson (1991) declara que: ‘como se practica en muchos países, ha sido mal interpretado, es confuso y poco productivo. Para una gran cantidad de niños, lo que sucede en un laboratorio contribuye poco a su aprendizaje de la ciencia’ (p.176). Otros han expresado dudas similares. Quizás, una parte clave de los comentarios de Hodson es ‘de la forma en como es practicado’. Dada la naturaleza de los contenidos, el trabajo práctico es esencial en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Sin embargo, ¿usamos el trabajo práctico de manera efectiva? Para responder esa pregunta, debemos aclarar qué es lo que entendemos por ‘efectividad’.

## **¿Qué queremos decir cuando hablamos de ‘efectividad’?**

Para comenzar a reflexionar acerca de qué es lo que entendemos por ‘efectividad’ de una actividad de enseñanza y aprendizaje práctica, nos ayudaría considerar las etapas implicadas en el desarrollo, ejecución y evaluación de dicha actividad. El modelo que se observa en la Figura 1 fue utilizado en el Proyecto Europeo de *Análisis de Trabajo en el Laboratorio para la Educación de la Ciencia* (Millar, Tiberghien, & Le Maréchal, 2002).

Figura 1.- Las etapas de desarrollo, ejecución y evaluación de una actividad práctica – y las influencias sobre éstas.



El punto de partida son los objetivos de aprendizaje que el profesor tenía planeados (o quien desarrolló la actividad) (Recuadro A en la Figura 1) – lo que se espera que los alumnos aprendan al llevar a cabo la actividad. Los objetivos de aprendizaje están influenciados por varias cosas: las opiniones del profesor acerca de la ciencia (por ejemplo, lo que el/ella cree es importante enseñar a los alumnos a cierta edad), las opiniones del profesor acerca del aprendizaje (es decir, de qué forma el profesor cree que tiene lugar el aprendizaje de la ciencia); y el contexto en donde la actividad será realizada (el currículo o el curso con que se relaciona; la infraestructura y los recursos disponibles).

Por lo tanto, los objetivos del aprendizaje deben ‘plasmarse’ en una actividad. Esta situación puede especificarse con gran detalle, o de una forma menos completa o específica. Los requisitos de la actividad establecen lo que los estudiantes deben *hacer* para alcanzar los objetivos de aprendizaje (Recuadro B). Las condiciones de

la actividad están influenciadas por el mismo tipo de consideración que los objetivos de aprendizaje.

Al momento de realizar la actividad en la sala de clases (o en otra área), se observa que pueden ocurrir ciertos acontecimientos – podemos apreciar lo que los alumnos están *haciendo realmente* (Recuadro C). Nuevamente, esta situación es influenciada por varios factores: la comprensión de los alumnos de la ciencia (es decir, lo que conocen acerca del tema que trata la actividad; su competencia al momento de utilizar el equipo necesario, etc.); las opiniones de los estudiante acerca del aprendizaje (es decir, si visualizan que su propio aprendizaje se hace significativo a partir de esta experiencia, o si lo ven como descubrir ‘la verdad’ mediante la observación y la evaluación, o como ideas y perspectivas ‘dadas’ por un profesor); y el contexto de la actividad (lo que se exige en su currículo; como serán evaluados los alumnos, los recursos disponibles). Por consiguiente, las acciones de los alumnos pueden acercarse a lo que el profesor tenía pensado, o pueden diferir en un mayor o menor grado. Este escenario podría quedar más claro cuando observamos una actividad práctica en acción cuyo diseño necesita mejorar, para que los alumnos realicen lo que se planificó y observen lo que se esperaba. Este sentido de efectividad es el primero y más básico: la diferencia entre lo que tratamos que los alumnos hagan y vean, y lo que los alumnos realmente hacen y ven. Se trata de la relación entre el Recuadro B y el Recuadro C de la Figura 1. Podríamos llamar a esta relación ‘efectividad en el sentido 1’.

Sin embargo, es común que cuando las personas se refieran acerca de la efectividad de una actividad de enseñanza se centren en hasta qué punto ayudó a los alumnos a aprender lo que los profesores querían que aprendieran. De esto se trata la relación entre el Recuadro A y el Recuadro D en la Figura 1. Podríamos llamar a esta relación ‘efectividad en el sentido 2’.

## **El rango de objetivos**

El punto de partida para reflexionar acerca de la efectividad de una actividad práctica son sus objetivos de aprendizaje (Recuadro A en la Figura 1). Los objetivos de aprendizaje de la mayoría de las

actividades prácticas se clasifican dentro de estas tres categorías:

- A. Ayudar a los alumnos a desarrollar su conocimiento y comprensión de la naturaleza.
- B. Enseñar a los alumnos a utilizar equipo científico o a seguir un procedimiento práctico regular.
- C. Ayudar a los alumnos a desarrollar su comprensión del enfoque científico de la investigación.

En el caso de las actividades prácticas de Tipo A (ayudar a los alumnos a desarrollar su conocimiento y comprensión de la naturaleza), hay que considerar un tema muy importante. El propósito fundamental de gran parte del trabajo práctico de Tipo A es ayudar a los alumnos a relacionar los dos ámbitos: el ámbito de los objetos y de los observables (cosas que podemos ver y manipular) y el ámbito de las ideas (las que no podemos observar directamente) (Figura 2).

Figura 2. Trabajo práctico: ayudar a los alumnos a relacionar los dos ámbitos (Tiberghien, 2000).



En el caso de algunas actividades prácticas, el ámbito de las ideas cumple una función relativamente menor. En estas actividades, simplemente se requiere que los alumnos observen un objeto, material, o evento, y noten y recuerden algunas cosas de él. Sin embargo, en otras actividades se busca ayudar a que los alumnos desarrollen la comprensión de algunas ideas que la ciencia utiliza para describir o explicar las observaciones. Para estas actividades, el proceso de pensamiento es tan importante como hacer o ver; los alumnos no solamente aprenden cuando la actividad es práctica sino que también cuando es una actividad más intelectual. Para medir la efectividad de las actividades de este tipo, necesitamos considerar los dos ámbitos de la Figura 2. En los términos del modelo de efectividad propuesto en la Figura 1, necesitamos fijarnos en lo que los alumnos ‘hacen’ con las ideas, además de lo que ellos hacen con los objetos y materiales (Recuadro C); y se necesita observar si la actividad apoya de manera correcta su

aprendizaje de las ideas y no solamente su capacidad de recordar eventos observables (Recuadro D).

La tabla número 1 entrega mayores detalles. Esta identifica el tipo de evidencia que indicaría que una actividad práctica fue efectiva en cada uno de los sentidos señalados anteriormente, en cada uno de los dos ámbitos. En general, las actividades prácticas que involucran de manera importante el ámbito de las ideas tienen una demanda de aprendizaje significativamente mayor (Leach & Scott, 1995) que las que simplemente intentan permitir a los alumnos ver y recordar un evento observable. En este tipo de actividades, es probable que los alumnos necesiten apoyo para utilizar o desarrollar las ideas que forman parte de la actividad, y que los conducen al aprendizaje. Es probable que las actividades que tengan este tipo de 'soporte de construcción' incorporado sean más efectivas que las que no lo tengan.

Sin embargo, una investigación reciente desarrollada en Inglaterra (Abrahams & Millar, 2008) concluyó que las actividades prácticas en las que se esperaba que los estudiantes desarrollaran su comprensión de los conceptos científicos e ideas, rara vez tenía un diseño que reflejara la magnitud del desafío cognitivo para los estudiantes. El estudio detectó que el trabajo práctico, en general, era efectivo de manera razonable en el ámbito de objetos y observables, pero mucho menos efectivo en el ámbito de las ideas. En cuanto a 'efectividad en el sentido 2' en el ámbito de las ideas (Tabla 1), desde luego debemos ser realistas. No sería razonable esperar que un aprendizaje duradero a largo plazo de una idea o concepto científico resulte de una única actividad práctica. Si los alumnos aprenden nuevas ideas científicas, probablemente es el resultado de una serie de lecciones, que involucran actividades de distintos tipos, que podrían incluir actividades prácticas. Esta situación hace difícil la evaluación de la efectividad en el sentido 2. Sin embargo, se debe tener en consideración que el propósito de varias actividades prácticas es ayudar a los alumnos a mejorar su comprensión de ideas y explicaciones científicas, y no simplemente aumentar su conocimiento factual de la naturaleza – por este motivo debemos pensar en cómo diseñar y presentar las actividades prácticas que tienen mejores oportunidades de apoyar el aprendizaje.

Tabla 1.- Evidencia que comprobaría 'efectividad' en cada sentido y ámbito.

Una actividad práctica es:	En el ámbito de objetos y observables.	En el ámbito de las ideas
efectivo en el sentido 1	Los alumnos realizaron lo que estaba planificado con los objetos y materiales proporcionados, y observaron lo que se pensaba debían observar.	Durante la actividad, los alumnos reflexionan acerca de lo que están haciendo y observando, utilizando las ideas previstas, o implícitas en la actividad.
efectivo en el sentido 2	Posteriormente los alumnos pueden recordar y describir lo que realizaron en la actividad y lo observado.	Posteriormente los alumnos pueden debatir acerca de la actividad, utilizando las ideas que se esperaba desarrollaran, o que se encontraban de manera implícita (y que quizás demuestren comprensión de estas ideas en otros contextos).

## Diseño de las actividades prácticas

Una gran cantidad de investigadores han atribuido la aparente falta de efectividad del trabajo práctico al exceso de confianza en las actividades prácticas que son vistas como “libros de recetas”. El estudio mencionado anteriormente (Abrahams & Millar, 2008) destacó varios ejemplos de este tipo de actividades, en donde a los estudiantes se les entregan instrucciones detalladas de lo que deben hacer. Esta situación puede conducir fácilmente a una respuesta mecánica, en donde los alumnos no piensen mucho en lo que están realizando y en el por qué. La investigación también sugiere que la clave del éxito para las actividades prácticas en los cursos de ciencias es asegurar que la actividad no sólo sea práctica sino que también requiera de un proceso intelectual (Duckworth *et al.*, 1990).

Al momento de planificar una actividad práctica, sería de utilidad reflexionar de manera explícita acerca de cómo se deciden los siguientes aspectos de la actividad:

la pregunta que se va a tratar

- el equipo que se va a utilizar
- el procedimiento a seguir
- los métodos de recolección de datos
- la interpretación de los resultados

¿Estos aspectos son determinados por el profesor, quizás por medio de una hoja de trabajo o mediante instrucciones detalladas explicadas oralmente? O por el contrario, ¿se permite que los estudiantes decidan sobre ellos abiertamente? Quizás la respuesta se encuentre en el medio, en donde algunos aspectos son decididos después de un debate desarrollado durante la clase completa, o con un profesor que proporciona un marco general, pero que permite que los estudiantes tomen algunas decisiones.

Gunstone (1991) sugiere el uso de las actividades de tipo Pre-decir-Observar-Explicar (POE) como una forma de ayudar a que las actividades prácticas tengan un carácter más ‘intelectual’. Una actividad POE es cuando se le pide a los alumnos que predigan lo que ocurrirá en una determinada situación (y quizás explicar sus razones también), y sólo después de este proceso se lleva a cabo la actividad. Si sus observaciones difieren de lo que los alumnos habían pensado, luego se les pide que expliquen lo que han visto que ha ocurrido (White & Gunstone, 1992: cap. 3).

Muchos profesores de ciencias (por ejemplo, Driver, 1975; Gunstone, 1991; Hodson, 1993; Millar, 1998a) han ofrecido otra razón posible para la falta de efectividad de la mayoría del trabajo práctico – y esta situación se debe a un defecto fundamental en su diseño. Varias actividades prácticas tienen como base de manera implícita que las ideas explicativas ‘surgirán’ a partir de un cuidadoso estudio de un fenómeno, formado, quizás, por el apoyo que proporciona un profesor o una hoja de trabajo. Desde este punto de vista, la investigación práctica puede ser una especie de ‘lectura del libro de la naturaleza’. Driver (1983) llama a este proceso ‘la falacia de la inducción’.

El problema es que las ideas explicativas, simplemente no ‘surgen’ de esta forma, aunque se observe o evalúe cuidadosamente. En vez de eso, estas explicaciones son conjeturas propuestas que dan cuenta de la evidencia disponible, en un proceso que invo-

lucra un pensamiento creativo además de la deducción lógica y la inferencia. Resulta fácil para alguien que ya conoce la explicación científica aceptada desestimar la dificultad que tienen los estudiantes para ‘verla’. Las ideas que se han convertido en algo natural para los profesores a menudo no son tan claras para un estudiante – y no llegan a ser ‘obvias’ a partir de la información de la manera en que un profesor podría esperar. Si le damos mayor importancia a esta etapa ‘imaginativa’ desde la evidencia hacia la explicación, podremos ser capaces de diseñar actividades prácticas más efectivas y formas más efectivas de llevarlas a cabo, que tomen en cuenta de manera correcta a *ambos*: la información de primera fuente de la actividad práctica y el conocimiento sobre el contenido que trabaja el profesor. Tal como Driver (1995) comenta, ‘si se busca que las nociones de los estudiantes cambien en la dirección de aquellas que son aceptadas por la ciencia, es esencial la intervención y negociación con una autoridad, comúnmente un profesor’ (p. 399).

Un nuevo programa de estudio en el Reino Unido, llamado *Seamos Prácticos* (*Getting Practical*, en inglés), está intentando mejorar el trabajo práctico en las clases de ciencias, invitando a los profesores a reflexionar acerca del diseño que utilizan en las actividades prácticas. Se fundamenta en el uso de una herramienta de auditoría que tiene como base las ideas mencionadas anteriormente (Millar, 2009). Se puede encontrar más información en el sitio Web del programa ([www.gettingpractical.org.uk](http://www.gettingpractical.org.uk)).

## Presentación de las actividades prácticas

Independientemente del diseño, la efectividad de la actividad práctica también puede depender de la forma en que es presentada en la sala de clases. Los puntos principales son:

- si los alumnos entienden correctamente el propósito de la actividad práctica
- el debate de la clase acerca de la actividad antes y después del trabajo práctico en sí.
- cómo los alumnos registran su trabajo durante la actividad.

## El propósito de la actividad práctica

Para reflexionar acerca de la comprensión de los alumnos del propósito de la actividad práctica, sería de gran utilidad preguntarse cual de las categorías de la Tabla 2 lo describe mejor. La evidencia de la investigación (y sentido común) sugiere que es más probable que los alumnos aprendan de una actividad práctica si entienden cual es el propósito de la actividad – ya que quizás surgió a partir de las ideas que se estaban discutiendo anteriormente. Si simplemente se les entregara una tarea para realizar, sin asociar las ideas a lecciones anteriores o discusiones, entonces sería mucho menos sorprendente si los alumnos realizan esta tarea ‘en modo piloto automático’ sólo siguiendo las instrucciones.

Tabla 2.- Conocimiento de los alumnos del propósito de una actividad práctica.

Conocimiento de los alumnos del propósito de la actividad	Marque / en un recuadro
La actividad es propuesta por el profesor; no se asocia a trabajos previos	
El propósito de la actividad es explicado por el profesor, y se relaciona explícitamente con actividades previas.	
El profesor utiliza la discusión durante la clase para ayudar a los alumnos a observar como esta actividad puede ayudar a responder una pregunta de interés.	
El propósito de la actividad es claro para los alumnos; claramente es la continuación de un trabajo anterior.	
La actividad es propuesta y detallada por los alumnos, como paso siguiente a una discusión	

## Discusión antes y después de una actividad práctica

La discusión que antecede a una actividad práctica es crucial para ayudar a los alumnos a comprender el propósito de la actividad y a valorar como podría ayudarlos a desarrollar sus conocimientos o habilidades. Muchos profesores de ciencias han señalado que gran parte del aprendizaje que resulta de una actividad práctica proviene de la discusión que se genera posterior a la actividad. Especialmente, esta situación se hace evidente si la actividad tiene como objetivo desarrollar la comprensión de los alumnos de una idea, concepto, explicación, modelo, o teoría científica. De este

modo, es importante la naturaleza de la discusión antes y después de la actividad práctica.

Para reflexionar acerca de este tema, puede ser de utilidad preguntarse cual de las categorías en las tablas 3 y 4 describen de mejor forma una actividad práctica. En ambas tablas, más de una categoría podría servir. Abrahams y Millar (2008) señalaron que gran parte de las conversaciones antes de las actividades prácticas tenían relación con los equipos y procesos a utilizar, y muy pocas (casi nulo) tenían relación con la ideas necesarias para entender la actividad o interpretar la información. También concluyeron que casi no había debate, durante o después de las actividades prácticas, acerca del diseño de la investigación, la calidad de la información recolectada, o la confianza que se debe depositar en las conclusiones obtenidas – aún cuando hubo claras oportunidades de elaborar y explorar ideas acerca de la indagación científica.

Tabla 3.- Discusión de la clase antes de la actividad práctica

Tipo de discusión <u>antes</u> de la actividad	<i>Marque / todas las que correspondan</i>
Ninguna	
Acerca del equipo y procedimientos a utilizar	
Acerca de ideas, conceptos, teorías, y modelos que son importantes para la actividad	
Acerca de aspectos de la investigación científica que se relacionan con la actividad	

## Registro de la actividad por parte de los alumnos

El punto final de la presentación tiene que ver con el registro que los estudiantes hacen y mantienen de la actividad práctica. Algunos profesores siempre piden un registro, un informe escrito con una estructura específica (título, instrumentos, método, resultado, conclusiones). Otros profesores prefieren una estructura menos estricta, y dan a los estudiantes la oportunidad de poder escoger cómo registrar lo que fue realizado. Algunos preferirán que los alumnos tomen apuntes (como en un cuaderno de notas de laboratorio) en vez de redactar un informe. Una práctica más novedosa puede ser la utilización de afiches, o presentaciones PowerPoint como formas alternativas para hacer un registro.

Tabla 4.- Discusión de la clase después de la actividad práctica

Tipo de discusión <u>después</u> de la actividad	Marque / todas las que correspondan
Ninguna	
Confirmar 'lo que hemos visto'	
Centrada en una demostración en donde el profesor repite la actividad práctica	
Acerca de como explicar las observaciones y desarrollar ideas conceptuales que se relacionan con la actividad	
Acerca de los aspectos de diseño de la investigación, calidad de la información, confianza en las conclusiones obtenidas, etc.	

Los métodos utilizados para dejar un registro de la realización de un trabajo práctico puede reflejar el propósito del mismo. ¿El proceso de escribir es visto como parte del proceso de la comprensión de ideas, o solamente consiste en registrar ideas que ya han sido comprendidas? ¿Los alumnos mantienen un registro escrito como evidencia de lo que han realizado, o como base para un posterior repaso para una evaluación o examen final? O ¿el propósito es ayudar a los alumnos a desarrollar las habilidades asociadas con el proceso de escribir un informe científico? Comúnmente, los alumnos señalan que escribir es la actividad que menos les gusta de las clases de ciencias, por lo que se necesitará trabajar más para encontrar métodos alternativos que permitan dejar registros escritos de las actividades prácticas que ayuden a más alumnos a darse cuenta del valor de aprendizaje que tiene registrar y comunicar lo que han realizado y lo que han aprendido.

La herramienta de auditoria *Seamos Prácticos (Getting Practical)* descrito anteriormente (Millar, 2009) también contiene una sección que apoya a los profesores para que analicen sistemáticamente la manera en que presentan las actividades prácticas, en concordancia con la discusión mencionada anteriormente.

## Comentarios Finales

En este capítulo he desarrollado la idea de 'efectividad' de las actividades prácticas en las escuelas de ciencia. Se ha sugerido que existen dos sentidos para la palabra 'efectivo': si los alumnos rea-

lizan lo que se planificó que realizaran; y si aprendieron lo que se esperaba aprendieran. También se ha sugerido que, aunque el objetivo es que los alumnos obtengan conocimientos científicos, deberíamos considerar la diferencia entre aprender acerca de los objetos y las propiedades observables involucradas, y comprender las ideas que podrían explicarlas. Además, se sugiere, basado en el modelo de 'efectividad', que podríamos mejorar el trabajo práctico en los cursos de ciencia mediante el análisis cuidadoso de actividades prácticas, considerando primero sus objetivos de aprendizaje, y luego algunos aspectos clave de su diseño y presentación. Además, fueron destacados algunos aspectos que podrían ser incluidos en una lista de análisis que permita al profesor, o investigador, revisar las actividades prácticas que están utilizándose actualmente, o se piensan utilizar a futuro, de manera sistemática. (Para ver una copia de la lista completa, revisar Millar, 2009). El objetivo de este procedimiento es incentivar la reflexión acerca del trabajo práctico, sin entregar la descripción 'correcta' de una actividad. Si pensamos utilizar el trabajo práctico como una estrategia de enseñanza y aprendizaje en la ciencia, necesitamos asegurarnos que la forma en que lo usamos incrementa su efectividad, y permite que muchos alumnos puedan aprendan de este tipo de actividades las cosas que queremos que aprendan.

## Referencias

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30: 1945-1969.
- Driver, R. (1975). The name of the game. *School Science Review*, 56: 800-805.
- Driver, R. (1983). *The pupil as scientist?* Chapter 1. The fallacy of induction in science teaching (pp. 1-10). Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R. (1995). Constructivist approaches to science teaching. En: L. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (pp. 385-400). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Duckworth, E., Easley, J., Hawkins, D., & Henriques, A. (1990). *Science education: A minds-on approach for the elementary years*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Gunstone, R. (1991). Reconstructing theory from practical experience. En: B.E. Woolnough (Ed.), *Practical science* (pp. 67-77). Milton Keynes: Open University Press.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19:175-184.
- Leach, J., & Scott, P. (1995). The demands of learning science concepts: Issues of theory and practice. *School Science Review*, 76: 47-52.
- Millar, R. (2009). Analysing practical science activities to assess and improve their effectiveness. Hatfield: Association for Science Education. Obtenido en Diciembre 5, 2009 de: [www.york.ac.uk/depts/educ/research/ResearchPaperSeries/index.htm](http://www.york.ac.uk/depts/educ/research/ResearchPaperSeries/index.htm).
- Millar, R., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J. F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. En: D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Osborne, J. (1998). Science education without a laboratory? En: J.J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science. Which way now?* (pp. 156-173). London: Routledge.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. En: R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham: Open University Press.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. Chapter 3. Prediction – Observation – Explanation (pp. 44-64). London: Falmer Press.

## **Parte IV: Debilidades y Desafíos de la Educación Científica en Chile**



# Capítulo 8. Debilidades en la enseñanza de las ciencias en Chile: el caso de las concepciones y prácticas de tres profesores de Biología

Claudia Vergara<sup>13</sup> y Hernan Cofré<sup>14</sup>

---

## Introducción

De acuerdo al último informe sobre PISA (OECD 2006), los profesores de ciencia de Chile, que hacen clases en octavo básico, en general son de mayor edad que el promedio internacional de profesores de ciencia, no son profesores con especialización en ciencia, sino que son profesores de educación básica, lo cual marca una diferencia con el promedio internacional (OECD 2006). Además, una gran proporción de profesores en países desarrollados poseen algún tipo de postgrado, mientras que casi la totalidad de los profesores de ciencia en Chile, cuyos alumnos participaron en PISA 2003, no tienen postgrados. Finalmente, en cuanto a la confianza que declaran tener los profesores sobre el manejo de la disciplina, en general los profesores chilenos, se sienten menos seguros que el promedio internacional, especialmente en contenidos, como Química, Física y Ciencias de la Tierra (OECD 2006). Esta última característica, descrita para profesores de estudiantes de octavo básico, también se ha corroborado para algunos profesores de biología los que también se sienten inseguros de su

---

13 Dra. en Ciencias de la Educación. Coordinadora de la Carrera de Pedagogía Básica, Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: cvergara@ucsh.cl

14 Dr. en Ciencias Biológicas, mención Ecología. Académico de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: hcofre@ucsh.cl

preparación disciplinar y especialmente didáctica (Vergara, 2006; Galaz *et al.*, cap. 9).

Todas las características descritas anteriormente, podrían tener como consecuencia que muchas de las clases de ciencia que reciben los alumnos en enseñanza básica o enseñanza media sean *aburridas, poco interactivas y centradas en el profesor* (Vergara, 2006; González, *et al.*, 2009). Este tipo de clases, con poca interacción y centrada en el profesor también han sido descritas para profesores de matemáticas y lenguaje de enseñanza media (Martinic & Vergara, 2007). En este reciente trabajo los autores mostraron que las clases realizadas por profesores de matemática y lenguaje, tienen como principal hablante al profesor, el cual se dirige la mayoría de las ocasiones al curso como un todo, existiendo pocas oportunidades de interacción con los alumnos.

Volviendo a la enseñanza de las ciencias, el trabajo de Vergara (2006) mostró que los profesores estudiados coincidían en la percepción de que las actividades prácticas o de laboratorio, eran poco eficaces, lo que finalmente hacía que ellos desearan este tipo de estrategias y prefirieran las clases expositivas. Esta poca relevancia del trabajo práctico coincide con lo encontrado recientemente por Cofré *et al.*, (2009), quienes al aplicar un cuestionario sobre uso de actividades de laboratorio a profesores básicos que realizaban clases de ciencias en 5° y/o 6° básico, detectaron que cerca del 40% de ellos declaró utilizar menos de 2 veces al año este tipo de estrategias. Además, al consultarles cuáles eran los tipos de actividades más utilizados en sus experiencias prácticas, la mayoría declaró realizar experimentos, observaciones y demostraciones, siendo mucho menos utilizadas, actividades más complejas como la resolución de problemas y la creación de modelos.

De lo anterior se desprende que muy probablemente, en muchas salas de clases en Chile, la enseñanza de las ciencias se lleva a cabo con clases de tipo tradicionales, quedando poco espacio para la enseñanza a través de la indagación científica. No obstante, es necesario destacar que en Chile existen algunas experiencias exitosas de implementación de enseñanza de las ciencias a través de la indagación científica por parte del programa ECBI (Enseñanza de las

Ciencias Basada en Indagación), del Ministerio de Educación, la Universidad de Chile y la Academia Chilena de Ciencias y del “Modelo de desarrollo profesional docente entre pares, para fortalecer la calidad de la enseñanza de las Ciencias Naturales en Kinder y Enseñanza Básica”, de la P. Universidad Católica de Valparaíso MECIBA (González *et al.*, 2009), los cuales han contribuido a la implementación de este tipo de enseñanza a nivel de educación básica. Aunque tanto el Programa ECBI como MECIBA están colaborando de manera importante al mejoramiento de la enseñanza de las ciencias en nuestro país, su cobertura es limitada, tanto en número de escuelas dentro de los programas, como al nivel educativo en el que están enfocados. De hecho, en Chile no existe ningún programa como estos que promueva la enseñanza de las ciencias en enseñanza media a través de actividades de indagación científica (González *et al.*, 2009). Una forma posible de ampliar la cobertura de enseñanza de las ciencias centrada en la indagación científica sería a través de la capacitación de profesores en servicio. No obstante, también existen evidencias de que este tipo de formación continua encuentra resistencia por parte de los profesores de ciencias en ejercicio (Vergara & Miño, 2009). Esta última investigación indagó los efectos de un programa de capacitación en didáctica de las ciencias, realizado a cuatro profesores de enseñanza media, de cinco meses. Sus principales resultados mostraron que los profesores generaron cambios en la estructura de sus clases, incorporando actividades de inicio y desarrollo, pero no logran realizar un cierre pedagógico, además, incorporan la evaluación de las habilidades discriminando si existía coherencia entre los tipos de actividades que desarrollaban y la forma de evaluar a sus estudiantes. Sin embargo, la capacitación no logró modificar sus representaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Los profesores no le otorgan importancia al desarrollo de actividades de laboratorio y señalan que existen muchas otras variables que los hacen preferir las exposiciones de contenidos por sobre actividades prácticas, especialmente, las relacionadas con falta de tiempo, escaso equipamiento y problemas de disciplina con los estudiantes.

Teniendo estas evidencias en mente, cabe preguntarse, ¿Es posible caracterizar el tipo de práctica que realizan los profesores de cien-

ciaen Chile? ¿Existe relación entre las concepciones de enseñanza de las ciencias y las prácticas que realizan los profesores? ¿Cuáles son las razones que dan los profesores para realizar una práctica tradicional? ¿Son solo factores externos los que impiden hacer una clase centrada en la indagación o existen factores internos asociados a sus concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que también estén jugando un papel importante? En este trabajo se describen y analizan los resultados generales de una investigación realizada con tres profesores de biología de enseñanza media, que realizan clases en colegios privados de la Región Metropolitana de Chile.

## Antecedentes teóricos

La correspondencia entre las concepciones de los profesores acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y su práctica en el aula puede variar mucho, desde ninguna hasta alta, no siendo posible establecer una relación nítida entre ellas (Mellado, 1996, 1998; Porlán & Rivero, 1998; Bell *et al.*, 1998, 2000; Abd-El-Khalick *et al.*, 1999; Lederman, 1999; Hewson *et al.*, 1999; Lemberger *et al.*, 1999; Meyer *et al.*, 1999; Baena, 2000; Haney & McArthur, 2002; Vrijovsky & Waldegg, 2005; véase además Jones & Carter 2007 y Lederman 2007 para revisiones recientes).

En general, estos estudios reconocen dos tipos de prácticas: tradicionales y constructivistas. En la Tabla 1 se aprecian algunas de las características que describen dichas categorías.

Dentro del estudio de las relaciones entre las concepciones o las creencias de los profesores y la forma en que ellos realizan sus prácticas, existe una gran discrepancia de resultados. Por una parte, hay trabajos que muestran una correspondencia entre las concepciones de ciencia de los profesores y su conducta docente en el aula (Brickhouse, 1990; Hewson *et al.*, 1999; Lemberger *et al.*, 1999; Meyer *et al.*, 1999). Sin embargo, otras investigaciones no encuentran una relación fuerte entre la concepción de ciencia y el comportamiento de los profesores en el aula (Mellado 1996, 1997 y 1998; Lederman, 1999; Bell *et al.*, 1998, 2000).

Tabla 1. Descripción de las principales características de las prácticas tradicionales y constructivistas (Tomado de Haney & MacArthur, 2002)

Sala de clases tradicional	Sala de clases constructivista
El currículo se presenta como partes aisladas de un todo con énfasis en destrezas básicas.	El currículo se presenta como un todo con énfasis en grandes concepciones.
Existe gran valoración al currículo fijo.	Se valora la dedicación a las preguntas de los alumnos.
Las actividades curriculares se apoyan fuertemente en libros de texto y tareas.	Las actividades curriculares se apoyan en la consulta de primeras fuentes y datos manipulativos.
Los estudiantes son vistos como “hojas en blanco” sobre las cuales el profesor puede incorporar la información.	Los estudiantes son vistos como pensadores con teorías emergentes sobre el mundo.
Los profesores se comportan de manera didáctica, transmitiendo la información a los estudiantes.	Los profesores se comportan de una manera interactiva, como un nexo entre el ambiente y los estudiantes.
Los profesores buscan en los alumnos las respuestas correctas para validar el aprendizaje.	Los profesores buscan el punto de vista de los estudiantes con el objeto de comprender sus ideas previas y así utilizarlas en clases futuras.
La evaluación del aprendizaje de los estudiantes se entiende como una actividad separada de la enseñanza y se efectúa enteramente a través de pruebas.	La evaluación del aprendizaje de los estudiantes se entiende como una actividad dentro de la enseñanza y se efectúa a través de la observación del alumno por el profesor y a través de exposiciones e informes realizados por el alumno.
Los alumnos trabajan principalmente solos.	Los alumnos trabajan principalmente en grupos

En cuanto a las evidencias a favor, Brickhouse (1990) describió exhaustivamente la relación entre concepciones y prácticas, a través de entrevistar y observar las clases de tres maestros durante 35 horas. Al analizar el contenido concreto de las concepciones de los profesores se observó que uno de ellos concebía las teorías como herramientas para resolver problemas, mientras el segundo veía las teorías como verdades descubiertas a través de una experimentación rigurosa. Estos dos puntos de vista diferentes sobre la ciencia eran coherentes con los objetivos educativos que se perseguían. En el primer caso, que los estudiantes utilizarán las teorías para resolver problemas y, en el segundo, que simplemente las conocieran y se las aprendieran. Por otro lado, el trabajo hecho por Gallagher (1991), con 25 profesores secundarios coincide con encontrar que profesores que tienen una imagen positivista

de la ciencia promueven una enseñanza basada en el aprendizaje formalista de conceptos científicos, poniendo más énfasis en la memorización terminológica que en la comprensión de dichos conceptos y de sus relaciones.

Otros estudios han mostrado que la relación entre concepción de ciencia y prácticas de aula es algo mucho más complejo (Mellado, 1996; Lederman, 1999; Bell *et al.*, 2000). Por ejemplo, en el estudio realizado por Mellado (1996) solo uno de los cuatro profesores tiene una conducta docente coherente con su concepción previa del aprendizaje, de la enseñanza y de la ciencia. En este trabajo se observan contradicciones como que la profesora en formación, con una concepción más positivista sobre la ciencia es la más constructivista en el aula, mientras que el profesor con una concepción relativista de la ciencia aplica en el aula un modelo didáctico tradicional transmisivo. Así mismo, las investigaciones realizadas por Lederman, Bell y Abd-El -Khalick (e.g Lederman, 1999; Bell *et al.*, 1998, 2000), han mostrado una muy baja correspondencia entre las concepciones de ciencia y las prácticas en el aula de los profesores. Específicamente, ellos han encontrado que profesores con concepciones de ciencia contemporáneas no reflejan en sus prácticas dichas concepciones. Mediante la entrevista y la observación del desempeño en el aula de profesores con diferentes grados de experiencia, el grupo de Lederman ha encontrado que existen otros factores que influyen esta relación, tales como los años de experiencia, el manejo de curso y la presión por cubrir los contenidos. Los profesores encuestados, muchos de ellos con poca experiencia, reconocen que sus prácticas no están acorde a sus concepciones de ciencia, que esto se debería a que las prácticas más constructivistas demandan más tiempo, y que *“cuando se es nuevo, gran parte de la energía del profesor se utiliza solo en hacer que las cosas comiencen a funcionar”* (Bell *et al.*, 2000, pag. 564).

Estos y otros trabajos sugieren que la posible influencia de las concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia, la enseñanza y el aprendizaje en las prácticas del aula estarían mediadas por otra serie de complejos factores, tales como las restricciones del currículo, las políticas administrativas, la falta de experiencia, el débil conocimiento de los contenidos, las presiones

por cubrir los contenidos y el conocimiento de las habilidades y motivaciones de los estudiantes (Jones & Carter, 2007; Lederman, 2007; y referencias en ellos).

## Aspectos Metodológicos

Se trabajó con tres profesores de biología (dos mujeres y un hombre), con un promedio de edad de 34 años y una experiencia laboral de entre 8 a 9 años. La metodología utilizada para obtener la información incluyó entrevistas semi-estructuradas y videograbaciones (analizadas mediante el software videograph), con el propósito de identificar y caracterizar las concepciones y prácticas profesionales de cada profesor/a de biología.

Para las entrevistas se procedió a generar las siguientes categorías de análisis a partir de las respuestas de los entrevistados:

- Ens: Tipo de Enseñanza
- Curric: Contenidos (Biología)
- Alum: Papel del Alumno
- Prof: Papel del Profesor/a
- Eva: Concepción de la Evaluación
- Exp: importancia del trabajo práctico

Para las videograbaciones, se utilizó las siguientes variables de análisis:

- UEP: Uso del espacio físico por parte del profesor
- ECA: En quién está centrada la acción
- HP: Hablante principal
- TC: Tipo de clase en la interacción profesor -alumno
- IPA: Interacción profesor - alumno

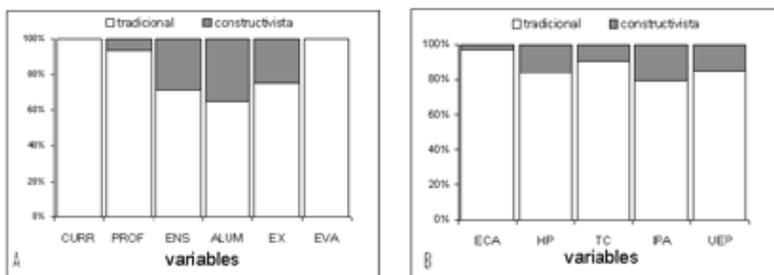
## Análisis de los resultados

### Profesora 1

De acuerdo a lo analizado a través de la entrevista semi-estructurada, se puede decir que las concepciones de enseñanza, aprendizaje y evaluación de la profesora 1 están más relacionadas al modelo tradicional de enseñanza y aprendizaje (Figura 1a). Por otra par-

te, la Figura 1b resumen las 5 variables estudiadas en dos clases videograbadas. De su análisis se puede concluir que en la mayor parte del tiempo, la clase está centrada en el profesor, el alumno es un actor pasivo, y por lo tanto, su clase se asemeja más a lo que se reconoce como una práctica de tipo tradicional o transmisiva.

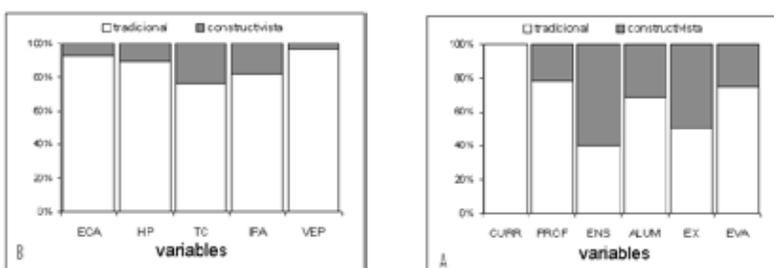
Figura 1. Resumen de la caracterización de las concepciones (A) y las prácticas (B) de la Profesora 1.



## Profesora 2

De acuerdo a lo analizado a través de la entrevista, se puede decir que las concepciones de enseñanza, aprendizaje y evaluación de la profesora 2 son una combinación entre los modelos tradicional y constructivista (Figura 2a). Por otra parte, la Figura 2b resumen las 5 variables estudiadas, de lo cual se puede concluir que en la mayor parte del tiempo, la clase está centrada en el profesor, el alumno es un actor pasivo y por lo tanto, su clase se asemeja más a lo que se reconoce como una práctica de tipo tradicional o transmisiva.

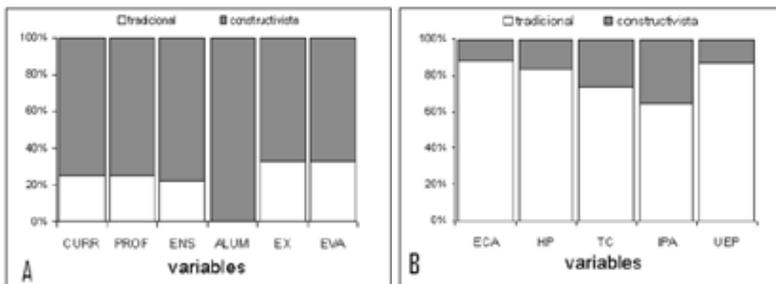
Figura 2. Resumen de la caracterización de las concepciones (A) y las prácticas (B) de la Profesora 2.



### Profesor 3

De acuerdo a lo analizado a través de la entrevista, se puede decir que las concepciones de enseñanza, aprendizaje y evaluación del profesor 3 están marcadas por el modelos constructivista (Figura 3a). Por otra parte, la Figura 3b resume las 5 variables estudiadas, las cuales son mucho más contemporáneas de lo cual se puede concluir que, en la mayor parte del tiempo, la clase está centrada en el profesor, no obstante, el alumno es un actor un poco más activo y por lo tanto, su clase se asemeja más a lo que se reconoce como una práctica de tipo tradicional o transmisiva, aunque comparativamente con las prácticas anteriores, existe una tendencia de su práctica hacia una visión contemporánea.

Figura 3. Resumen de la caracterización de las concepciones (A) y las prácticas (B) de la Profesor 3.



A partir de las comparaciones que se pueden hacer con las entrevistas semi-estructuradas de los tres profesores, se puede notar que existen claras diferencias entre ellos. Sin embargo, en esta parte del análisis se destacarán aquellas categorías en las cuales hubo coincidencias, ya que al coincidir en sus apreciaciones nos dan indicios de qué categorías son más representativas de los profesores de ciencias.

En la categoría *Contenidos (Curr)*, *Cobertura*, *selección*, los tres profesores señalan que no alcanzan a ver todos los contenidos. Además agregan que la unidad de ecología es la que generalmente no se alcanza a enseñar; esto debido que en los planes y programas del Mineduc, en los cuatro años de enseñanza media, aparece en la última unidad. Además, se sostiene que son muchos los contenidos científicos que están en los planes y programas del Mi-

neduc. En cuanto a la categoría *Evaluación (E)*, considerándola como *Producto, Pruebas, tipo*, los tres profesores señalan que usan preferentemente el tipo de prueba de selección múltiple. Con la salvedad que el tercer profesor lo considera como una sección de sus pruebas, y en las otras secciones realiza desarrollo y análisis. En la categoría *Ex, Experimentación*, los tres profesores manifestaron su deseo de realizar más trabajos experimentales. Los tres, con diferentes argumentos, señalaron los motivos por los cuales realizan tan pocos, o ningún trabajo experimental.

Para comparar las prácticas de los profesores de manera de dar indicios sobre cuáles son las principales diferencias entre estos tres casos, se hizo una comparación de una clase para cada profesor; y que corresponde a la clase que dura dos horas pedagógicas.

El siguiente cuadro señala las categorías que tienen mayor porcentaje para cada variable y para cada profesor(a).

Variable	Categoría con más frecuencia	Profesora 1	Profesora 2	Profesor 3
Uso del espacio por parte del profesor	Profesor de pie frente a los alumnos	81.4	84.9	71.0
<b>Donde esta centrada la acción</b>	<b>Profesor</b>	<b>78.4</b>	<b>71.5</b>	<b>60.2</b>
Hablante principal	Profesor	73.5	73.5	68.9
<b>Tipo de clase</b>	<b>Exposición del profesor</b>	<b>73.6</b>	<b>74.5</b>	56.2
Interacción profesor-alumno	Profesor activo-alumno pasivo	75.9	81.0	56.6

Al analizar este cuadro podemos ver que las variables que tienen mayor coincidencia son: Uso del espacio y hablante principal. Por lo tanto, las clases que realizan los tres profesores se caracterizan por un docente ubicado al frente del curso, quien es el que habla la mayor parte del tiempo. No obstante, también aparecen tres variables con mayor porcentaje de diferencia: *Dónde esta centrada la acción, Tipo de clase e Interacción profesor-alumno*. Esta diferencia está dada principalmente por los valores más bajos que presenta el profesor 3, el cual, en términos comparativos, realiza una clase más constructivista que las otras dos profesoras (véase figuras 1b, 2b y 3b). Por su parte, las clases de las dos profesoras tienen al

docente como centro de la acción, mientras que el alumno asume un papel pasivo.

## Comentarios Finales

Del análisis mostrado se puede proponer que existen al menos *dos tipologías* de prácticas en profesores de Biología. Un tipo de práctica es muy tradicional, donde la clase es realizada principalmente sobre la base de la exposición del profesor, el tipo de interacción que domina es profesor activo-alumno pasivo y donde el profesor habla más del 70% del tiempo. El otro tipo de práctica que se observó tiene indicios constructivistas, donde se aprecia una cierta participación de los alumnos. Es un tipo de clase donde el tiempo de exposición del profesor este por debajo del 60% y donde el tiempo de interacción entre el profesor y el alumno (categoría de la videograbación, *profesor activo-alumno activo*) alcance por lo menos un 40%. De los tres profesores que participaron en esta investigación se encontró que dos tenían un tipo de práctica fuertemente tradicional y el tercer profesor un tipo de práctica con indicios constructivistas.

La pregunta sobre si había coherencia entre lo que los profesores declaraban, expresado en sus concepciones sobre la enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias y lo que hacían realmente en el aula, expresado en los tipos de prácticas, tuvo tres respuestas diferentes: coherencia (profesora 1), falta de coherencia (profesora 2) y medianamente coherente (profesor 3).

Una de las profesoras presentó una concepción tradicional de enseñanza, aprendizaje y evaluación, y su práctica en el aula evidenció ser fuertemente tradicional. Este resultado concuerda con las investigaciones que señalan que habría coherencia entre las concepciones y creencias con las prácticas de los profesores (Bricthouse, 1990; Gallagher, 1991; Hewson *et al.*, 1999b; Lemberger *et al.*, 1999; Meyer *et al.*, 1999).

En la profesora 2 vemos que claramente no hay coherencia entre sus concepciones sobre la enseñanza, aprendizaje y evaluación y sus prácticas. Si bien posee concepciones tanto tradicionales

como constructivistas, al llegar a la sala de clase, su práctica es absolutamente tradicional. Aunque el profesor tiene una concepción sobre la educación *centrada en el aprendizaje*, al observar su clases, vemos una clase fuertemente *centrada en la enseñanza*, el centro de la acción recae en el profesor y el principalmente expone los contenidos científicos escolares. La participación de los alumnos se limita contestar estas preguntas cuando puede. Este resultado concuerda con otros estudios en que se han descrito relaciones complejas entre concepciones y prácticas (Mellado, 1996, 1998; Lederman, 1999; Bell *et al.*, 2000). Dentro de los factores externos que han sido citados para explicar estas incoherencias están: la falta de experiencia, las restricciones del currículo, el débil conocimiento de los contenidos así como la presión por cubrirlos dentro del tiempo disponible (Lederman, 2007 y referencias en él). Esta última explicación puede ser de importancia en el caso de los profesores de biología estudiados en este estudio, ya que todos argumentan, explícitamente, que la presión por cubrir los contenidos los limita en su desempeño.

Por último, el profesor 3 presentó una mediana coherencia entre sus concepciones y prácticas, tiene concepciones constructivistas de enseñanza, aprendizaje y evaluación y su práctica tiene indicios constructivistas.

Este profesor señala que el centro de la educación es alumno y la autonomía que éste puede desarrollar. Al observar sus clases vemos que hay una mayor participación de los alumnos, generando preguntas, tratando de resolver problemas, y se observa que el profesor los hace participar en la sala. A su vez se da tiempo, en desmedro de los contenidos, por desarrollar habilidades científicas en los alumnos, de lo cual se confirma que a partir de la evaluación constante de lo que está haciendo en la aula, va tomando decisiones emergentes y readecuando lo que había programado para la clase. Sin embargo, si uno observa la totalidad de la clase, el profesor sigue teniendo un gran protagonismo en el aula. En las investigaciones revisadas no se ha descrito este tipo de mediana coherencia, sin embargo pensamos que se acerca a lo planteado por Gastager (2003) y otros autores (e.g. Mellado 1996, 1998; Levit 2001; Tsai 2002; Bryan 2003) en señalar que los profesores

de ciencia mantienen remanentes de concepciones tradicionales. Esto es coherente con lo señalado por las investigaciones de Fischler (Fischler, *et al.*, 2002) en el sentido que, las prácticas también están mediadas por otros factores como son el hecho que situaciones de aprendizaje que han tenido “buenos resultados” se tienden a repetir normalmente.

## Referencias

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N. (1999). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82: 417–436.
- Bell, R.L., Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Implicit versus explicit nature of science instruction: an explicit response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching*, 35: 1057-1061.
- Bell, R.L., Lederman, N.G., & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and acting upon one's conceptions of the nature of science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37: 563–581.
- Baena, M. D. (2000). Pensamiento y acción en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18: 217-226.
- Brickhouse, N.W. (1990). Teacher beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41: 53–62.
- Cofré, H., Galaz, C., García, C., Honores, M., Moreno, L., Andrade, L. & Vergara, C. (2009). Frecuencia y tipo de actividades de laboratorio que realizan profesores/as primarios en el área de las ciencias, en Santiago de Chile. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3432-3435 (recuperado en noviembre 2009 de: <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3432-3435.pdf>)
- González, C. M. T. Martínez & C. Martínez (2009). La Educación Científica como apoyo a la movilidad social: desafíos en torno al rol del profesor secundario en la implementación de la indagación científica como enfoque pedagógico. *Estudios Pedagógicos*, 25: 63-78.
- Haney, J., & McArthur, J. (2002) Four case studies of prospective science teachers' beliefs concerning constructivist practices. *Science Education*, 86: 783 – 802.

- Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29: 331–359.
- Lederman, N. G. (1995). Translation and transformation of Teachers' understanding of the nature of science into classroom practice. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for research in science teaching*, San Francisco, California.
- Lederman, N. (1998). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of research in Science Teaching*, 36: 916-929.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 37: 16–25.
- Lemberger, J., Hewson, P. W., & Park, H. (1999). Relationships between prospective secondary teachers' classroom practice and their conceptions of biology and of teaching science. *Science Education*, 83: 347–371.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial, de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14: 398 - 302.
- Mellado, V. (1997). Preservice Teachers Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science. *Science & Education* 6: 331-354
- Mellado, V. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Teacher Education*, 12: 197- 214.
- Mellado, V. 2003. Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21: 343–358.
- Meyer, H., Tabachnick, B. R., Hewson, P. W., Lemberger, J., & Park, H. (1999). Relationships between prospective elementary teachers' classroom practice and their conceptions of biology and of teaching science. *Science Education*, 83: 323–346.
- Porlán, R. & A. Rivero (1998 a). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada.
- Verjovsky, J. & G. Waldegg (2005). Analyzing Beliefs and Practices of a Mexican High School Biology Teacher. *Journal of Research in Science Teaching* 42: 465–491

- Vergara, C. & Miño, F. (2009). Resistencia de profesores de ciencias en los cambios de sus prácticas en el aula y sus representaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3514-3517 (recuperado en noviembre de 2009 de: <http://enciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3514-3517.pdf>).
- Vergara, C. (2006). Concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en profesores de biología: Coherencia entre el discurso y la práctica de aula. Tesis doctoral para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vergara, C. & H. Cofré (2008). La enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Básica chilena: un camino por recorrer. *Revista Foro Educativo*, 14: 85-104.



# Capítulo 9: Competencias para una enseñanza efectiva de las ciencias: ¿qué opinan los profesores y los formadores de profesores?

**Alberto Galaz<sup>15</sup>, David Santibáñez<sup>16</sup>, Johanna Camacho<sup>17</sup>, Javier Jiménez<sup>18</sup>, Claudia Vergara<sup>19</sup> y Hernan Cofré<sup>20</sup>**

---

## Introducción

En Chile, la enseñanza de las ciencias se encuentra actualmente desafiada por cuatro factores: por la carencia de profesores que impartan estas disciplinas (Claro, 2004), por los bajos resultados obtenidos en pruebas internacionales (e.g. PISA), por los recientes ajustes o cambios curriculares realizados por el Ministerio de Educación (MINEDUC), y por el desarrollo de estándares para la formación de profesores (en este momento para los profesores bá-

---

15 Dr. en Ciencias de la Educación. Académico del Departamento de Educación, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: jagalaz@uc.cl

16 Magister(c) en Educación. Universidad Alberto Hurtado. Académico adjunto de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: dpsantibanez@gmail.com

17 Dra. en Ciencias de la Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile. Académica adjunta de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: jpcamach@gmail.cl

18 Magister(c) en Filosofía de las Ciencias, Universidad de Santiago de Chile. Académico de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: jejimene@uc.cl

19 Dra. en Ciencias de la Educación. Coordinadora de la Carrera de Pedagogía Básica, Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: cvergara@ucsh.cl

20 Dr. en Ciencias Biológicas, mención Ecología. Académico de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: hcofre@ucsh.cl

sicos con mención en ciencias y en un futuro cercano para los profesores de ciencia de enseñanza secundaria).

En vista de las demandas de este y otros sectores de enseñanza, El Estado, a través del Ministerio de Educación, ha asumido el desafío de mejorar la formación terciaria, incluida la formación de profesores, a través del Programa de apoyo al Mejoramiento de la Equidad y Calidad de la Educación Superior (MECESUP). Este programa, iniciado a fines de la década de los 90, tiene por objetivos generales mejorar la flexibilidad y coherencia del sistema de educación chileno, crear incentivos necesarios para el mejoramiento de la calidad y eficiencia y apoyar el sistema nacional de innovación a través del aumento del inventario de capital humano avanzado. Adicionalmente, también se dirige a fomentar la calidad e innovación académica en instituciones de educación superior a través de una estrategia de adjudicación competitiva de recursos, tales como el Fondo de Innovación Académica (FIAC).

En este contexto, en este capítulo se muestran los resultados del trabajo asociado al proyecto Mecesup de Diseño de una nueva carrera de pedagogía en ciencias basada en competencias, con mención en química o biología para la enseñanza media, adjudicado a la Universidad Católica Silva Henríquez (UCSH) el año 2008. Específicamente en este trabajo se describe y analiza la apreciación que poseen, tanto profesores de ciencia en servicio, así como académicos formadores de profesores de ciencia, sobre cuáles son las principales competencias con que debieran contar los futuros profesores de ciencias que se enfrentarán al desafío de alfabetizar científicamente a los estudiantes del siglo XXI.

## Los desafíos de la Formación de Profesores

Que los profesores se conviertan en “*profesionales, colaborativos, autónomos y constructores de conocimiento profesional*” puede ser concebido como el principal eje de cambio de los actuales procesos de reforma educativa. Al respecto, diversos expertos (Fullan, 2002; Tardif, 2004; Montecinos, 2003; Avalos, 2003; entre otros) han constatado dicho antecedente y han coincidido que, en un terreno más concreto, este objetivo implica hacer referencia a un

profesor que en su práctica o ejercicio realiza un proceso permanente de mejora de sus competencias.

Si bien existe coincidencia en que este cambio es esencial para el logro mayores niveles de equidad y calidad en el sistema, también se evidencia que no existe una vía exclusiva o directa para promoverlo. Bajo este objetivo, las preocupaciones investigativas se han orientado tradicionalmente a la promoción de diversos modelos y estrategias de formación, entre los cuales el más influyente ha sido aquél denominado como programa de eficacia o de los “profesores expertos”. Se trata de una perspectiva que se ha fundamentado en aproximaciones cuantitativas y en el control de variables ambientales para determinar el “efecto del profesor” sobre los resultados. Según Fullan y Hargreaves (1996), tres principios subyacen a este programa:

- La investigación en educación ha de enfocarse en las relaciones entre aquello que los docentes hacen en el aula y aquello que sucede a los alumnos.
- La evidencia más concreta de esta efectividad es la mejora del rendimiento en las habilidades básicas de los alumnos.
- La investigación supone que un mayor conocimiento de dichas relaciones conducirá a una mejora de la enseñanza, dado que pueden diseñarse **programas para promover esas prácticas eficaces.**

Bajo esta perspectiva, el conocimiento o saber del profesor puede ser definido como el resultado de las proposiciones científicas, y como el acceso y adquisición efectiva que realizan de las traducciones de las investigaciones. Al respecto, las investigaciones realizadas en torno a la influencia de los profesores en los aprendizajes de los alumnos conducidas por Brophy (1986), como aquellas referidas a la gestión (o gerencia) u organización de la clase por parte de Doyle (1986), pueden ser concebidas según Beijaard y Verloop (1996) como claros ejemplos de este programa.

Otras investigaciones han partido desde una posición de valoración del pensamiento y conocimiento de los profesores, desarrollando aproximaciones que dan cuenta de los procesos o mecanismos internos que éstos colocan en juego durante su carrera

profesional y que, de una manera u otra, les inducen a obrar de un modo particular. Según Pérez (1999), estas investigaciones se han dirigido específicamente a evaluar la naturaleza e incidencia de:

- Los aspectos biográficos en lo que se ha denominado como “ciclo de vida profesional” (Huberman, 1990 y Bolívar 1999).
- Las creencias y actitudes (Villar Angulo, 1987).
- La reflexión pedagógica (Zeichner, 1999).
- La construcción del conocimiento en la práctica (Shulman, 1987).
- La identidad profesional del profesor (Cattonar, 2001 y Galaz, 2007).

Dado los escasos resultados del programa proceso –producto, pero también debido a la necesidad de responder a las actuales y complejas demandas de calidad de la educación, el cambio de enfoque o programa no se ha hecho esperar. Así lo evidencian investigadores como Villegas-Reimers (2002), Coll (1996); Pérez (1999); Fullan (2002); Villar Angulo (1988) y Zeichner (1993 y 1999), quienes coinciden en señalar que los actuales procesos de reforma que se han emprendido durante las dos últimas décadas en América y Europa se han visto ante la necesidad de otorgar nuevos sentidos al cambio educativo a través de un reposicionamiento “profesional” de la labor y formación del profesor.

Fullan (2002) resume adecuadamente el giro de perspectiva, al señalar que:

*“El cambio educacional depende de lo que el profesorado haga y piense: es tan simple y tan complejo como eso”* (Fullan, 2002: 141).

Al respecto, una evidencia concreta de este giro son los cambios educativos realizados en Estados Unidos en el contexto de implementación de su reforma educativa. Según Fullan (2002), una de las principales conclusiones obtenidas, fue que a fin de lograr mejoras efectivas y sustentables se debía contar con el protagonismo y participación de los profesores. Los resultados de los estudios que se desarrollaron bajo este nuevo paraguas teórico (“psicoafectivo” como se le denominó), permitieron en primer lugar, confirmar esta conclusión y, en segundo lugar, desarrollar y proponer

los nuevos modelos orientadores para la formación inicial y continua.

Según Tardif (2004), confirmado el profesor como actor clave, su formación profesional se debe desarrollar sobre la base de consideración de las siguientes condiciones:

- Reconocimiento de las diferencias existentes entre los profesores a nivel de sus conocimientos y habilidades.
- Establecimiento de redes de apoyo y provecho mutuo entre universidades y el contexto de trabajo del profesor.
- Hacer de las escuelas y liceos lugares más favorables para el trabajo de los profesores por medio del otorgamiento de más tiempo y espacio profesional.

Por su parte, Feiman-Nemser (2001) señala que la formación profesional debiera asumir diversos objetivos según las tareas que le compete realizar al profesor en cada momento o etapa de su carrera.

Durante la formación inicial:

- a. Examinar críticamente las creencias respecto a la visión sobre “la buena enseñanza”.
- b. Desarrollar el conocimiento pedagógico del contenido a enseñar.
- c. Desarrollar una comprensión de los alumnos, el aprendizaje y las alternativas frente a la diversidad.
- d. Desarrollar un repertorio didáctico incipiente.
- e. Desarrollar las herramientas y actitudes para estudiar la enseñanza

Durante la formación en ejercicio:

- a. Ampliar y profundizar el conocimiento pedagógico del contenido a enseñar.
- b. Ampliar y afinar su repertorio docente respecto al curriculum, la instrucción y la evaluación.
- c. Fortalecer las destrezas y actitudes para estudiar y mejorar la enseñanza.
- d. Ampliar sus responsabilidades y desarrollar sus destrezas de liderazgo en torno al desarrollo profesional.

El cumplimiento de estas tareas exige de la formación el diseño de potentes dispositivos que inviten a los profesores a reflexionar, a construir conocimiento desde la escuela y al establecimiento de una nueva cultura de colaboración profesional sobre la base de construcción de redes de colaboración (no de intervención).

Al respecto, y según Feiman-Nemser (2001) se pueden identificar una variedad de formatos o modalidades organizacionales para estos dispositivos:

- Proyectos de investigación-acción patrocinados a nivel institucional.
- Grupos de estudio de profesores.
- Observación y crítica entre pares.
- Comunidades profesionales de aprendizaje.

Es posible identificar en Chile algunos programas de formación que han sido desarrollados bajo los principios y objetivos antes descritos. Los Grupos de Desarrollo Profesional, las Redes Pedagógicas, los Microcentros Rurales, los talleres Comunales de profesores, las Redes de Maestros, entre otras, han sido experiencias altamente valoradas por los profesores participantes. Las evaluaciones realizadas a nivel nacional e internacional señalan el éxito de estas experiencias de formación (Montecinos, 2003; Galaz, 2004, 2008, entre otros) pero también evidencian sus dificultades asociadas a la continuidad, recursos y tiempos. Por su parte, un caso muy interesante de observar en los Estados Unidos, según Villegas- Reimers (UNESCO/ OREALC, 2002), son las Professional Development Schools (PDS). Se trata de redes o asociaciones entre maestros, administradores e integrantes de facultades universitarias creadas con el fin de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de sus respectivos estudiantes, como así también, de unir en una forma muy real la teoría y la práctica educacional. Las PDS son experiencias que han sido incluso promovidas por organismos internacionales, tales como la OCDE.

## Las competencias: ejes de un nuevo cambio educativo

Desde la década de los 90 que la noción de “competencia” viene orientando las iniciativas y procesos de cambio estratégicos que están poniendo en marcha distintos países a nivel. Con pretensiones de consolidarse como una alternativa atractiva para impulsar la formación, su ventaja estratégica es pretender armonizar las necesidades de las personas, las empresas y la sociedad en general. De esta forma, bajo un enfoque de competencias, la innovación y el cambio se asientan no sólo sobre el plano tecnológico, sino también, y a veces en mayor medida, en la estructura organizativa y el desarrollo del capital profesional.

Si bien su conceptualización sigue siendo heterogénea, debido a la multiplicidad de enfoques y desarrollos que genera su implementación, progresivamente se gesta un consenso razonable en torno a cuatro conceptos fundamentales:

- Posibilita el dar cuerpo a un conjunto de capacidades informales y procedimentales.
- Está ligada al desempeño profesional. La competencia no existe en sí misma, independientemente de una actividad, de un problema a resolver, es decir, del uso que de la misma se hace.
- Se vincula a un contexto determinado, a una situación concreta.
- Integra diferentes tipos de capacidades. No se trata de una suma de capacidades sino de capacidades estructuradas y construidas que constituyen un capital de recursos disponibles que se combinan entre sí, permitiendo la consecución del rendimiento/resultados esperados.

Tal como es usada en relación al mundo del trabajo, la noción de competencia, se sitúa a mitad de camino entre los saberes y las habilidades concretas; la competencia es inseparable de la acción, pero exige a la vez el conocimiento. A diferencia del concepto de cualificación, que puede definirse como “el conjunto de conocimientos y capacidades, incluyendo comportamientos y habilidades, que los individuos adquieren durante los procesos de socia-

lización y educación/formación, una especie de «activo» con el que cuentan las personas” (Alex, 1991), la competencia alude a la “capacidad real para lograr un objetivo o resultado en un contexto dado”. Es posible identificar tres enfoques para la “construcción” de competencias:

- El enfoque funcionalista
- El enfoque conductista
- El enfoque constructivista

En la orientación funcionalista, utilizada en el Reino Unido, el producto que se obtiene es una norma que se califica de “dura” porque aplica criterios de definición en base a resultados directos. El enfoque conductista, asumido particularmente en los Estados Unidos, da como resultado una norma “blanda” porque se basa en una identificación de atributos que deben conducir a un desempeño superior. El método constructivista, observado particularmente en Francia, da lugar a una norma de tipo “contextual” porque se deriva de las disfunciones que se visualizan en la empresa. En el siguiente cuadro es posible observar una síntesis general de los enunciados de estos enfoques:

#### Enfoques conceptuales de las competencias

<b>FUNCIONAL</b>	<b>CONDUCTISTA</b>	<b>CONSTRUCTIVISTA</b>
Normas de rendimiento desarrolladas y convenidas por la industria.	Grupos de competencia desarrollados por investigación basada en excelentes ejecutores.	Competencias desarrolladas por procesos de aprendizaje ante disfunciones y que incluye a la población menos competente.
Normas basadas en resultados (referencia a criterio).	Normas orientadas a resultados (validadas por criterio).	Normas construidas a partir de resultados de aprendizaje.
Normas de competencia ocupacional (rendimiento real en el trabajo).	Proceso educacional (desarrollo de competencia).	Procesos de aprendizaje por alternancia en planta.
Fijación de rendimientos competentes, convenida sectorialmente.	Especificaciones de rendimiento superior definido por investigación educativa.	Especificaciones definidas por los alcances logrados en planta por los trabajadores.
Producto: competencias duras.	Producto: competencias blandas.	Producto: Competencias contextuales.

Fuente: Cidec<sup>21</sup>\*(1999)

21 \*Centro de Investigación y Documentación sobre problemas de la Economía, el Empleo y las Cualificaciones Profesionales.

En el ámbito de la formación profesional del profesor la adopción del enfoque de competencias profesionales ha traído consigo un replanteamiento que ha supuesto importantes novedades pedagógicas.

## **Competencias y formación: desafíos para las instituciones formadoras y para los futuros profesores**

En el nuevo contexto, las instituciones de formación, escuelas técnicas, programas formativos derivados de las políticas emprendidas por la administración educativa afrontan el reto de su transformación en profundidad. El camino a seguir consiste en la redefinición de su marco de actuación que trastoca sus objetivos y funciones, así como su relación con el mundo productivo y con las demandas del mercado de trabajo.

Siguiendo a Mertens (1996), los estudiantes no son ya tan sólo los individuos que demandan formación, sino que ha comenzado a aparecer la unidad productiva (la empresa) como una importante demandante de servicios de diverso tipo, y no sólo de formación. De esta forma, no sólo cambia el sujeto de atención, también aparecen otras modalidades de proyección. Si bien siguen buscando a sus educandos en el mercado de trabajo, también están empezando a actuar a través de formas intermedias, esto es, se acercan a individuos y a empresas a través de distintos organismos, organizaciones de empleadores o de trabajadores locales. Astolfi (2003) también concuerda que poco a poco en el campo de la educación y de la formación del profesor se ha venido imponiendo la noción de competencias. Según el autor, este proceso se ha producido fundamentalmente como consecuencia de las ventajas que ofrece frente aquella noción de conocimientos. Al respecto, el autor estima que su carácter o naturaleza dinámica y su carácter evolutivo se contraponen con respecto al carácter más estable e invariable de la segunda. De tal forma, el uso de la noción como núcleo de la formación del profesor permite proyectar perfiles profesionales específicos. De una parte, un perfil que apunta a concebirlo como

profesional en desarrollo permanente, y de otra, un profesional que cuenta con una base de saberes estables. Coll (2007), también se interroga sobre las ventajas para la formación y enseñanza de un enfoque de competencias. Al respecto el autor identifica tres:

- a. El carácter dinámico y de movilización que otorgan a los conocimientos. Ser profesional significa activar y movilizar estos conocimientos en momentos y problemas indicados.
- b. La invitación a integrar distintos tipos de conocimientos, ya sean cognitivos, prácticos, factuales y conceptuales, actitudinales, emocionales, entre otros.
- c. La importancia y pertinencia que asume el contexto del cual las competencias no pueden desligarse y en el cual surgen y cobran significado. Esto permitiría proyectar y evaluar las dimensiones culturales de su adopción.

Definida la importancia o ventajas de un enfoque de competencias, concordamos con Perrenoud (2001) de que el desafío próximo para las instituciones formadoras y para los futuros profesores será responder a preguntas tales como:

- ¿Cuáles son estas competencias?
- ¿Cómo se construyen?
- ¿Cómo se puede formar en ellas a los profesores?

Al respecto no hay acuerdos y en la incertidumbre las ofertas y estrategias abundan. La lectura de algunas experiencias nacionales e internacionales de formación permite identificar al menos 4 debilidades:

- a. Se aprecia una adopción acrítica del enfoque de competencias, lo que no permite reparar diferencias que se desprenden de las tendencias o enfoques subyacentes de definición.
- b. La formulación de competencias en los programas de formación ha caído en el error de identificar (como antaño) saberes esenciales sin poner el esfuerzo en su integración o transferencias.
- c. Se pone énfasis en aquellas competencias de carácter académico, olvidando aquellas de carácter emocional. De esta forma se entrega una visión restringida de lo que significa el ser y hacer del profesor.

d. La adopción de competencias ha estado asociada a un paquete de conocimientos mínimos que debieran venderse y adquirirse.

A fin de no repetir estos errores y evitar el riesgo de incoherencias entre la definición del perfil profesional y la propuesta formativa, creemos que las instituciones formadoras debieran considerar como principio de definición de sus competencias una lectura crítica de sus tendencias, un estudio profundo de las demandas sociales y establecimiento de articulaciones y acuerdos de colaboración con el mundo del trabajo.

## **¿Qué competencias del profesor permiten el aprendizaje efectivo de las ciencias?**

Tomado distancia de las tendencias técnico-funcionalistas de formación, en este trabajo asumimos una posición teórico-conceptual de carácter comprensiva y constructivista para la definición y determinación de las competencias que debía incluir la propuesta curricular de formación de profesores de ciencia en la UCSH. Consecuentemente, la estrategia de levantamiento de competencias consistió en la realización de un estudio descriptivo e interpretativo a partir de las apreciaciones que desarrollan los actores más relevantes en relación al tema: profesores de ciencia en servicio y formadores de profesores. El principio que ha orientado esta estrategia es el reconocimiento de que, a fin de responder efectivamente a las demandas y desafíos de mejora de los aprendizajes, las competencias para la formación del futuro profesor adquirirán mayor pertinencia si ellas son definidas, cotejadas y validadas desde los contextos reales de enseñanza. Consecuentemente, la estrategia desarrolla para la definición de competencias ha sido la realización de un estudio descriptivo e interpretativo consistentes en dos fases:

**FASE 1:** Determinación de las competencias que específicamente movilizan los profesores en las escuelas para lograr el aprendizaje de las ciencias.

**FASE 2:** Identificación de las competencias con que debieran

contar los profesores a fin de lograr aprendizaje en el ámbito de las ciencias.

El desarrollo de un estudio en dos fases se apreció útil dado que a partir de esta estrategia se pueden establecer dos procesos de análisis: uno referido a comprender la naturaleza de la acción a través del significado que los profesores atribuyen a sus propias prácticas (FASE 1) y otro referido a la construcción de tendencias en la identificación de competencias deseables (FASE 2). En la FASE 1 se contempló el desarrollo de entrevistas en profundidad a profesores de ciencias ya titulados y en pleno ejercicio de su profesión. Estas entrevistas (semi-estructuradas) se desarrollaron sobre la base de un protocolo de preguntas abiertas. Se entrevistaron a 3 profesoras (Química, Física y Biología), todas ellos en el contexto de sus escuelas. Entre otras, las preguntas se dirigieron a establecer:

- Los desafíos que para el profesor de ciencias representa el logro de aprendizaje de los alumnos.
- Las competencias que movilizan los profesores para el logro efectivo de los aprendizajes

La FASE 2 se constituye a partir de los resultados y análisis de la Fase 1. Si esta última privilegiaba la profundidad, aquella se dirigió a ganar en extensión. Para ello se diseñó un cuestionario destinado a cotejar aquellas competencias, que según los profesores se estimaban fundamentales para la enseñanza de las ciencias. Los profesores fueron contactados a través de correo electrónico, en virtud de las bases de datos del las cuales el equipo del proyecto disponía. El cuestionario se construyó en formato digital a fin de ser contestado en línea.

## **Análisis de Resultados Fase 1**

A partir de las respuestas de los entrevistados ha sido posible establecer un conjunto de 6 categorías. Estas se han obtenido identificando, en primer lugar, el significado o unidad de sentido expresado por las profesoras en cada respuesta. Posteriormente, hemos procedido a traducir estos significados en categorías más amplias que permiten reunir familias de sentidos. Cuando estos sentidos

se han tornado precisos o expresan la operación de las categorías en campos más específicos hemos procedido a establecer las subcategorías respectivas. Las categorías establecidas dicen relación con: *la disciplina a enseñar, la didáctica, el currículum escolar, los recursos de la escuela o los liceos de trabajo, la pedagogía como campo de formación y desempeño profesional y los estudiantes.*

Con respecto a las subcategorías ha sido posible establecer, por ejemplo, que en las respuestas de los profesores el currículum puede estar referido a su ajuste o actualización, a un conocimiento o dominio de Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios, planificación, etc. Al respecto las categorías y sus subcategorías aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías y subcategorías surgidas de las entrevistas a profesores

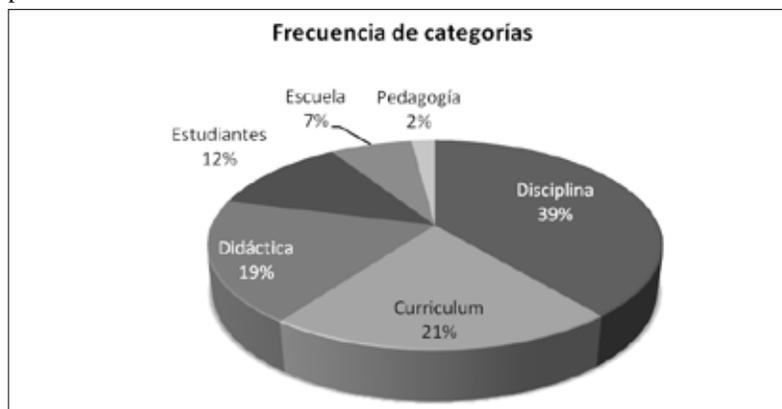
CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍA
Disciplina	Contenidos, actitudes y gestión de recursos
Currículo	Ajustes, OF-CMO, Planificación
Didáctica	Transposición, actividades o estrategias
Estudiantes	Conocimientos previos
Escuela	Recursos y espacios
Pedagogía	Formación

Con independencia de la pregunta formulada y el sentido que cobran en las respuestas de los profesores entrevistados, ha sido posible establecer que, en la narrativa o en el discurso pedagógico de la enseñanza de las ciencias, la aparición o frecuencia de algunas categorías puede evidenciar la importancia o relevancia que adquieren en su desempeño.

La frecuencia de estas categorías ha sido expresada en términos de porcentajes (ver Figura 1). Al respecto, es posible establecer que los aspectos disciplinares asociados al dominio del contenido representa el 39% de las referencias de los entrevistados. Los aspectos curriculares asociados al dominio de los CMO y OF se encuentra como categoría y subcategoría en un segundo lugar con un 21% de las referencias. En tanto, el tercer lugar lo ocupan las referencias a la didáctica o enseñanza de las ciencias con un 19%. Cabe advertir por lo tanto, la importancia de las categorías antes

mencionadas, pero especialmente aquella que dice relación con la disciplina, y fundamentalmente dentro de ella, la subcategoría que alude al dominio del contenido.

Figura 1. Gráfico de frecuencia de categorías aparecidas en el discurso de profesores entrevistados.



Estas referencias apuntan tanto a la dificultad de comprensión por parte de los alumnos, como así también, al énfasis que han puesto en esta dimensión las instituciones formadoras de profesores, en desmedro de aquellas curriculares y didácticas (comprensión pedagógica y transposición). Estas últimas además aparecen asociadas a los desafíos, a los aprendizajes profesionales desarrollados como iniciativa personal después de la formación inicial y como recomendación para los ajustes en las currícula de formación de las universidades. Sin embargo, si bien el análisis de frecuencia puede ser útil en términos de la continuidad de las categorías en el discurso, ellas no permiten evidenciar las tendencias más específicas que constituyen a partir de los sentidos que cobran las respuestas frente a:

### Los desafíos que para el profesor de ciencias representa el logro de aprendizaje de los alumnos

Al respecto las respuestas aluden mayoritariamente (9 de 10 de referencias) a los **contenidos de la disciplina** tales como “el sistema nervioso”, “el tema de biología celular”, “los conceptos de elemento, sustancia pura” etc. Al respecto, una profesora señala:

*“La parte de enlace también es difícil, lo que representa y como siempre*

*los conceptos de elemento, sustancia pura, compuesto, estos los confunden mucho, en un contexto básico”.*

Llama la atención la alta proporción referida a logro de dominio de conceptos o de unidades temáticas, porque si bien ello puede estar haciendo mención a competencias conceptuales asociadas al desarrollo de un lenguaje científico, ello no se condice con el hecho que este tipo de aprendizajes aparecen didácticamente como menos complejos de lograr que aquellos de carácter procedimental y actitudinal, lo cual por cierto se explica por la propia naturaleza de estos aprendizajes y por la mayor proporción de recursos intelectuales que deben ser movilizados. A nuestro parecer, que el dominio de conceptos o temas represente los mayores desafíos para los profesores de ciencias, puede ser hipotéticamente explicado por dos razones: una visión racional y academicista de los programas de enseñanza de las ciencias, o por la dificultad que representa para el profesor el diseño de estrategias didácticas para el logro de un lenguaje científico de base en los alumnos. Sea cualquiera de ellas, o inclusive su articulación, los desafíos que se proyectan para la formación de los futuros profesores de ciencias invitan a reflexionar sobre algunos énfasis relativos, por una parte, al logro de una comprensión o visión profesional amplia sobre la arquitectura que asume el aprendizaje en el curriculum escolar y específicamente sobre el sector de ciencias y, por otra parte, al desarrollo de un repertorio didáctico de base para el desarrollo de estrategias de enseñanza para el logro de competencias de diversa naturaleza.

### **Las competencias que movilizan los profesores para el logro efectivo de los aprendizajes**

Las respuestas de las profesoras apuntan a identificar principal y mayoritariamente las competencias didácticas, es decir aquellas que, permitirían comprender que en el mundo escolar las ciencias deben asumir una naturaleza aplicada. Por otra parte, pero en el mismo terreno didáctico, las profesoras entrevistadas señalan que una habilidad central del profesor de ciencias es aquella que permiten articular los distintos campos de conocimiento y acción de las ciencias, esto como una forma de lograr transferencias cognitivas y pertinencia curricular. Al respecto, señala una profesora:

*“El profesor debe tener las bases y los conocimientos para poder relacionar su asignatura con las todas ciencias donde puede ser aplicada la suya”.*

La lectura didáctica de las demandas de habilidades para la enseñanza de las ciencias se condice en forma posterior con la identificación de aquellas que posteriormente se dirigen al desarrollo de propuestas o actividades de enseñanza y aprendizaje, como ejemplifica una de las profesoras:

*“Creatividad, en el fondo cómo inventar cosas que de alguna manera te permitan aterrizar un conocimiento, motivar al alumno y que aprenda”*

Las competencias disciplinares, aquellas que identifican el dominio de conceptos y teorías se encuentran en segundo lugar junto con aquellas de carácter actitudinales que apuntan a la necesaria comprensión de las dificultades que se deducen de la lejanía de la labor de las ciencias con el mundo escolar, en cuanto se concibe que ellas permitirán enfrentar las pre-concepciones existentes, Al respecto una profesora señala:

*“Ser tolerante con la idea que la ciencia no es de gusto popular, tienen estigmas que hay que sacárselas y esa es la labor que yo creo que hay que hacer”*

## **Sugerencias y recomendaciones desde la enseñanza de las ciencias**

Hemos preguntado por aquellas sugerencias que se consideran pertinentes de realizar a las instituciones formadoras de profesores de ciencias. El objetivo de esta pregunta ha sido colocar a las profesoras en la posición de evaluar sus experiencias y a partir de aquellas proyectar acciones que recogidas por las universidades, permitan generar propuestas de formación que atiendan efectivamente las demandas y necesidades del ejercicio de la docencia en ciencias. La naturaleza de las sugerencias de las profesoras es coherente con los desafíos que vivencian. En este sentido podría evidenciarse en sus respuestas que el fortalecimiento de disciplinar o teórico es secundaria con respecto a la necesidad de dar un giro didáctico y curricular a la formación de los profesores de

ciencias. Una de las primeras sugerencias alude globalmente a esta necesidad:

*“Enseñar más didáctica para la enseñanza de las ciencias”.*

En términos más específicos esta sugerencia apunta a dotar a los profesores de aquellas competencias que les permitan leer pedagógicamente los contenidos a enseñar y, a partir de aquello, desprender las estrategias de enseñanza. Al respecto señala una profesora:

*“Sería bueno que las universidades que hacen los planes para formar profesores tengan la conciencia de aquellos contenidos que son más difíciles de enseñar, según estadísticas por ejemplo y que puedan decirle, esto es más difícil, detengámonos más en estos contenidos y enseñar más metodologías, yo creo que eso falta más actividades prácticas, eso faltó en mi como profesora, actividades prácticas de laboratorio”.*

El peso de la formación disciplinar se deja sentir en la formación de las profesoras entrevistadas, y si bien deducimos contaron con cursos de didáctica de las ciencias, la evaluación de sus aportes es negativa, en tanto no permitieron desarrollar una aproximación práctica (como el uso y gestión de laboratorios) de los contenidos y aun menos su conexión, articulación y aplicación a la vida cotidiana. Se trata de en este caso de un aprendizaje que las profesoras han desarrollado en la emergencia de su enseñanza y como una necesidad de acercar el mundo de las ciencias a los alumnos. Como señala una profesora:

*“Me he dado cuenta que en las clases es mejor aplicar y enseñar con la vida cotidiana, pero eso es una cosa que no me la enseñó la universidad”.*

El conocimiento profundo sobre la arquitectura, contenido y desarrollo de la política curricular aparece como otro punto que debería ser abordado en la formación de los profesores de ciencias. En esta dirección un primer elemento sugerido es el relativo a identificar el tipo de competencia que se debe desarrollar con los alumnos y que se desprenden de los Objetivos fundamentales y contenidos mínimos obligatorios en el sector de ciencias. Señala una profesora:

*“Una formación en los tres aspectos fundamentales que la educación chilena le pide en la parte conceptual, la parte procedimental y en la parte actitudinal”.*

## **Análisis de Resultados Fase 2**

### **Características de los profesores participantes del estudio**

En la segunda fase del estudio, la intención era poner a prueba el valor asignado a un listado preliminar de competencias surgidas de la Fase 1 y nuevos criterios surgidos de la discusión con académicos internacionales expertos en la enseñanza de las ciencias (véase capítulos: 2, 3, 4, 5 y 6 de este libro). Para tal efecto se encuestó a un grupo de 43 profesionales incluyendo a profesores de ciencias naturales, química, biología y física, directivos de establecimientos educacionales que simultáneamente fueran profesores de ciencias y formadores de profesores de ciencias. La consulta se realizó mediante una encuesta on-line, basada en preguntas cerradas con escala Likert de cuatro opciones. Básicamente el encuestado debía seleccionar qué tan valiosa le parecía la posesión de cada una de las competencias por parte del profesor de ciencias. Sólo hubo tres preguntas destinadas específicamente a las competencias del profesor de biología y tres al profesor de química. En las siguientes tablas se detallan algunas características de los profesores encuestados.

Tabla 2. Institución de origen de los profesores encuestados.

Institución	Categoría	Número
Liceo o Colegio	Municipal	6
	Particular con subvención del Estado	18
	Particular pagado	5
Subtotal Liceo o Colegios		29
Universidad	Perteneciente al Consejo de Rectores	6
	Privada	6
Subtotal Universidades		12
Total de profesores		43

En la Tabla 2 se visualiza el hecho que los profesores encuestados provienen de un espectro diverso de situaciones de enseñanza,

aunque la mayor parte resultó ser del sistema particular subvencionado (43%).

Tabla 3. Cargo o función desempeñada por los profesores encuestados.

Cargo o función	Número	Porcentaje
Directivo o coordinador	5	11,6
Docente formador de profesores	5	11,6
Investigador	2	4,7
Profesor de ciencias naturales	4	9,3
Profesor de biología	11	25,6
Profesor de física	5	11,6
Profesor de química	7	16,3
Otro profesional	4	9,3
Total de profesores	43	100

En relación a las funciones de los profesores encuestados, el 54% trabaja como profesor de alguna disciplina científica en enseñanza media. Tales encuestados representan la visión de quien ejerce efectivamente la tarea de enseñar ciencias a alumnos secundarios. En contraste, 28% posee la mirada más amplia del directivo, académico formador de profesores o investigador. Vale decir, el estudio incorporó una dimensión local y otra más holística. Por otra parte, se encontró que la mayoría de los profesores encuestados (67%) tenía al menos 5 años de experiencia en su cargo. Este dato es relevante, pues de acuerdo a Tardif (2004), en la mayoría de los casos la construcción del conocimiento profesional docente, se produce entre los primeros 3 a 5 años del ejercicio de la profesión. Vale decir, la mayor parte de quienes respondieron la encuesta, pudieron hacerlo desde una apropiación de lo que significa ser profesor y trabajar como tal.

### **Competencias del profesor de biología o de química que fueron consultadas**

Las competencias sometidas a consulta fueron 27 en total:

- 4 competencias genéricas, consideradas relevantes en muchas profesiones
- 11 competencias específicas del quehacer de un profesor
- 6 competencias propias de un profesor que enseña ciencias naturales
- 3 competencias consideradas específicas del profesor de biología

- 3 competencias consideradas específicas del profesor de química

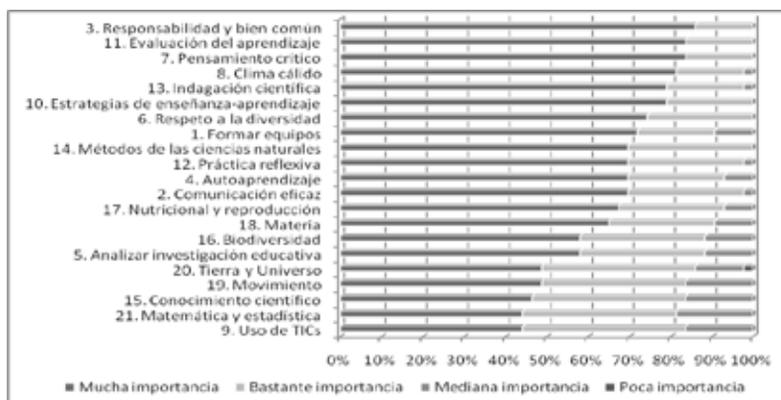
La Tabla 4 contiene el listado completo de las 27 competencias, con un término abreviado adjunto que facilitará el análisis.

Tabla 4. Listado de las competencias definidas y sometidas a prueba

	Competencia	Forma abreviada
Genéricas	1. Conformar equipos de trabajo e interactuar de manera solidaria, creativa y propositiva integrando diversas visiones y asumiendo diversos papeles.	Formar equipos
	2. Comunicarse eficazmente, en forma oral y escrita, en contextos, con actores y propósitos diversos.	Comunicación eficaz
	3. Respetar y actuar de manera responsable y reflexiva conforme a un código ético sustentado en el Bien Común.	Responsabilidad y bien común
	4. Planificar su propio plan de aprendizaje, fijándose metas y seleccionando los medios y recursos para lograrlas.	Autoaprendizaje
Específicas	5. Investigar y analizar críticamente resultados de investigaciones en educación, incorporando los aspectos más relevantes de ellas en sus prácticas educativas.	Analizar investigación educativa
	6. Respetar la diversidad cultural, social, y étnica en su quehacer pedagógico, promoviendo la tolerancia y la integración de los estudiantes.	Respeto a la diversidad
	7. Demostrar y estimular el pensamiento crítico y fundado frente a diferentes fuentes de conocimiento, teorías, situaciones y hechos.	Pensamiento crítico
	8. Generar un clima de aula cálido y de confianza, con y entre sus estudiantes, que motive y favorezca el aprendizaje.	Clima cálido
	9. Utilizar eficazmente un amplio rango de TICs en los diversos aspectos de su quehacer educativo.	Uso de TICs
	10. Planificar, diseñar e implementar estrategias de enseñanza-aprendizaje y evaluación, considerando el contexto, la diversidad de aprendizajes y los conocimientos previos de los estudiantes.	Estrategias de enseñanza-aprendizaje
	11. Evaluar el aprendizaje de los estudiantes, aplicando criterios e indicadores explícitos a fin de retroalimentar y adecuar el proceso de enseñanza y aprendizaje.	Evaluación del aprendizaje
	12. Reflexionar sobre su práctica, tomando en cuenta tanto fundamentos teóricos, como experiencias de aula, con el objeto de mejorar su enseñanza.	Práctica reflexiva
	13. Demostrar habilidades de indagación científica y promover su desarrollo en sus estudiantes.	Indagación científica
	14. Utilizar métodos, materiales y recursos propios de las ciencias naturales, de forma eficaz y eficiente.	Métodos de las ciencias naturales
	15. Explicar el desarrollo y evolución del conocimiento científico en términos históricos y epistemológicos, asumiendo una visión contemporánea de la ciencia, vinculante con lo ético, social y tecnológico.	Conocimiento científico

Ciencias	16. Explicar la Biodiversidad en el Planeta a través de las teorías actuales de la evolución y los procesos de transmisión y modificación de la información genética.	Biodiversidad
	17. Analizar y explicar las condiciones que determinan la función nutricional y reproductiva de los organismos, especialmente los seres humanos, asociándolas con conductas de riesgo para la salud.	Nutricional y reproducción
	18. Explicar fenómenos naturales y sus efectos, utilizando conceptos básicos sobre la estructura, propiedades y transformaciones de la materia.	Materia
	19. Explicar el movimiento como un fenómeno físico cotidiano, a partir de las leyes de la mecánica y de las relaciones matemáticas básicas que lo describen.	Movimiento
	20. Explicar la situación de la Tierra en el Universo, a partir de las teorías cosmológicas actuales, de los fenómenos astronómicos asociados a sus condiciones óptimas para la vida y de sus principales características morfológicas.	Tierra y Universo
	21. Utilizar y analizar conceptos y procedimientos matemáticos y estadísticos para expresar e interpretar fenómenos naturales.	Matemática y estadística
Biología	22. Explicar procesos basados en la composición, organización y funcionamiento de las células, así como las condiciones emergentes que surgen de su interacción.	Célula
	23. Analizar y explicar las condiciones que determinan la función reguladora de los organismos, especialmente los seres humanos, asociándolas con conductas de riesgo para la salud.	Regulación
	24. Explicar el funcionamiento de los sistemas naturales tomando en cuenta la ecología, fisiología e historia evolutiva de los organismos que los componen y evaluar cómo las actividades humanas pueden afectar dichos procesos.	Ecología, fisiología y evolución
Química	25. Explicar el comportamiento de determinadas sustancias y materiales, utilizando características y propiedades de los compuestos inorgánicos.	Compuestos inorgánicos
	26. Explicar el comportamiento de determinadas sustancias y materiales aplicando características y propiedades de los compuestos orgánicos.	Compuestos orgánicos
	27. Explicar fenómenos a nivel atómico y molecular sobre la base de las propiedades físico-químicas de la materia.	Átomos y moléculas

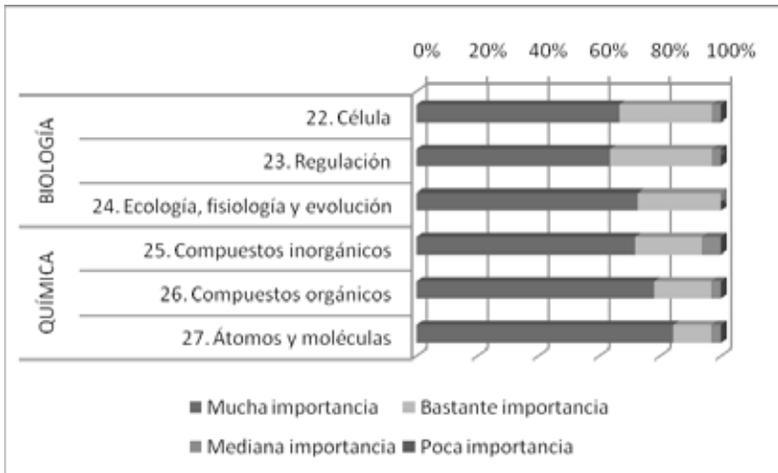
Figura 2. Gráfico del valor asignado a las competencias genéricas, pedagógicas y de las ciencias naturales por los profesores encuestados.



Tales resultados no se condicen con el discurso de los profesores entrevistados en la Fase I, en que el 60% de las categorías señaladas referían a lo disciplinar (especialmente manejo de contenidos) y lo curricular (¿qué es lo que se enseña?). A la vez, las categorías más ausentes del discurso, en las encuestas aparecen prioritarias: aspectos personales del profesor como la adhesión a una actitud responsable y reflexiva, la preocupación por desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico y habilidades indagatorias, la preocupación por el clima propicio para el aprendizaje.

Las habilidades necesarias para promover aprendizajes en ciencias aparecen como más relevantes que el manejo disciplinar. El aparente desafío que representa la enseñanza de los enlaces químicos o las propiedades de la materia aquí no aparece: lo que el profesor de ciencia debe saber es enseñar ciencia. Ahora bien, al revisar en el gráfico de la Figura 3 las respuestas referidas a las áreas más específicas de biología y química (competencias 22 a la 27) volvemos a reconocer el valor asignado a lo disciplinar: entre el 60% y el 80% de los profesores considera que tales competencias poseen “Mucha importancia”. En el peor de los casos, sólo el 6% considera que alguna de estas competencias posee mediana importancia.

Figura 3. Gráfico del valor asignado a las competencias específicas de Biología y Química, por los profesores encuestados.



Es posible que la mayor relevancia asignada a las competencias disciplinares de biología y química en desmedro de las disciplinares de ciencias en general, tenga que ver con la construcción del instrumento. Las últimas seis competencias eran las únicas que aparecían indicadas como “específicas del profesor de biología” y “específicas del profesor de química”. De alguna manera, el indicar que estamos frente a un ámbito “propio de” parece descalibrar el valor asignado en las preguntas previas a competencias que no eran disciplinares.

Tardif (2004) indica que un profesor necesita al menos tener control respecto a los conocimientos que enseña, y lo que enseña, necesariamente es lo que él comprende. Y es difícil conocer lo que un profesor comprende. Pues lo que cree comprender podría ser lo que es verbalizable, medible, cuantificable. Lo que demuestra comprender ¿Cómo se mide el clima de aula? ¿o el respeto al bien común? ¿Cuán difícil puede ser para un profesor de ciencias admitir con libertad que su habilidad para conseguir aprendizajes se ve limitada por componentes que personalmente no aprendió durante su formación y que debió desarrollar en el ejercicio de su docencia?

Eventualmente, a las hipótesis planteadas en la Fase I sobre la causa de la relevancia asignada a las competencias disciplinares, deberíamos agregar tres más:

- La asignación de importancia funciona por contraste: si las competencias disciplinares aparecen junto a las pedagógicas, y se pregunta por lo más relevante, es más probable que se escoja lo que el deber ser indica, independiente del manejo personal que se tenga de tales competencias.
- Es difícil admitir que lo relevante en el ejercicio de la profesión es una habilidad que no se comprende del todo, porque estuvo ausente en la propia formación. Esto explicaría, de hecho, por qué en las entrevistas existió tanto acuerdo en la relevancia de lo disciplinar: la interpelación directa y personal inhibe la especulación sobre ámbitos que los propios profesores entrevistados manejan con menor rigurosidad.
- Los profesores suponen que las competencias pedagógicas están supeditadas a las disciplinares.

Tal como lo ha planteado Ávalos (2006), bastan unos tres años de ejercicio para que profesores con una fuerte preparación disciplinar, lleguen a autodefinirse como pedagogos o didactas. Quizás en mucho menos de tres años un profesor de ciencias comprende que “saber mucho” no garantiza buenos aprendizajes. Y volvemos a los contrastes. Efectivamente los conocimientos son lo más relevante cuando se trata de definir al profesor de biología. Pero si la oferta incluye las habilidades necesarias para que los estudiantes aprendan esta biología, lo relevante es el clima de aula, la responsabilidad profesional, la búsqueda de buenas estrategias y la transparencia evaluativa. Iluminador.

## **Competencias y años de experiencia de los profesores**

Los tramos de edad de los profesores se contrastaron con la valoración “Mucha importancia”, respecto a otra respuesta. Para establecer si la edad está asociada a la valoración de determinada competencia, se sometieron estas respuestas a una prueba de chi cuadrado de contingencia, de 4 grados de libertad. Los resultados que muestran asociaciones más bajas y más altas entre las variables se muestran en la Tabla 5. De las competencias que aparecen con asociación alta, la única que a su vez tiene un comportamien-

to edad/valoración inversamente proporcional es la número 10, es decir, la competencia que alude a la rigurosidad en torno a la planificación. Profesores con más años de experiencia tienden a relativizar el papel de preparar e implementar la enseñanza en base a criterios técnicos predefinidos.

Tabla 5. Competencias que muestran asociación más alta y más baja en relación a la variable “Años de experiencia como profesor”, con los respectivos valores de distribución en prueba de Chi-cuadrado

	Competencia abreviada	Valor de distribución
Asociación alta	6. Respeto a la diversidad	0,167
	9. Uso de TICs	0,190
	10. Estrategias de enseñanza-aprendizaje	0,073
	16. Biodiversidad	0,103
Asociación baja	11. Evaluación del aprendizaje	0,881
	19. Movimiento	0,867

Esta última relación parece dialogar con la tensión entre práctica reflexiva y el *habitus* definida por Perrenoud (2007). Un profesor con varias décadas de experiencia docente, según el autor, no necesita mecanismos de cuestionamiento de la propia práctica. De hecho, ni siquiera los establece. No porque sea poco profesional o no pueda acceder intelectualmente a los nuevos criterios técnicos. No tiene que ver con habilidad crítica, tampoco con la autoestima. Según Perrenoud, todos los profesores establecemos rutinas repetitivas, con componentes conscientes e inconscientes. Si el profesor no fue formado para descubrir las pistas detrás de su toma de decisiones didácticas, el *habitus* es lo que las hace inescrutables. Al mismo tiempo, es lo que protege al profesor de autointerpelarse y “correr el riesgo” de tener que cambiar sus estructuras y dinámicas de trabajo. Es posible que los profesores jóvenes sean más permeables al reconocimiento de que la práctica reflexiva es fruto de un diálogo del profesor con su inconsciente práctico. La competencia está definida desde la capacidad para planificar desde los contextos, nunca repetidos, en que la clase se desenvuelve. El profesor que lleva muchos años educando probablemente haya “aprendido a desconocer cómo hace lo que hace”. Al entrar en este círculo vicioso es muy difícil la toma de conciencia y muy poco probable el cambio en la forma de desarrollar la docencia.

Por el contrario, hubo dos competencias que son muy ajenas a la edad de los profesores: la relativa a criterios evaluativos y una netamente conceptual: conocimientos sobre mecánica. En el primer caso, profesores de todas las edades valoran la competencia como relevante. En el segundo, todos coinciden en restarle importancia.

La evaluación es un foco que actualmente excede lo pedagógico: todo es evaluado por todos que evalúan. Resulta interesante, de todas formas, que sea igualmente valorado por profesores experimentados y novatos por igual. Eventualmente por diferentes razones. En el caso del acuerdo sobre la enseñanza del movimiento y la mecánica, se trata de un conocimiento que puede estar siendo subvalorado por todos, porque no se comprende su relación con las otras áreas de la ciencia, o porque simplemente no se maneja (véase el Capítulo 3 de este libro). Si bien todas las pedagogías en biología y química poseen cursos básicos de física, es habitual que su enseñanza sea disociada de otros conocimientos de ciencias, considerados más cercanos o contextuales.

## **Competencias, institución de origen y tipo de dependencia**

Las competencias consideradas de “Mucha importancia” por los profesores que ejercen en liceos y colegios no son necesariamente las mismas que las elegidas por profesores que trabajan en la Universidad. En la Tabla 6 aparecen las competencias (en versión abreviada) consideradas de mayor importancia por los profesores secundarios con el lugar que ocupan en las preferencias de los profesores universitarios.

Tabla 6. Competencias más relevantes para los profesores de ciencia de liceos y colegios, en comparación con la relevancia asignada para las mismas competencias por profesores universitarios formadores de profesores. El porcentaje corresponde a la proporción de profesores de ciencia que optó por la categoría “Mucha importancia”.

Competencia	Profesores de liceos y colegios		Profesores universitarios	
	Lugar	Porcentaje	Lugar	Porcentaje
Clima cálido	1	97	5	50
Responsabilidad y bien común	2	86	1	83
Métodos de las ciencias naturales	2	86	7	33
Pensamiento crítico	3	83	1	83
Estrategias de enseñanza-aprendizaje	3	83	3	67
Evaluación del aprendizaje	3	83	1	83

Inversamente, la Tabla 7 muestra las preferencias de los profesores universitarios en relación a los profesores secundarios.

Tabla 7. Competencias más relevantes para los profesores universitarios formadores de profesores, en comparación con la relevancia asignada para las mismas competencias por profesores de ciencia de liceos y colegios. El porcentaje corresponde a la proporción de profesores universitarios que optó por la categoría “Mucha importancia”.

Competencia	Profesores universitarios		Profesores de liceos y colegios	
	Lugar	Porcentaje	Lugar	Porcentaje
Responsabilidad y bien común	1	83	1	86
Pensamiento crítico	1	83	3	83
Evaluación del aprendizaje	1	83	3	83
Indagación científica	2	75	4	79
Estrategias de enseñanza-aprendizaje	2	75	3	83

Al aplicar un análisis de correlación mediante Chi-cuadrado, vemos que efectivamente aparecen acuerdos y desacuerdos significativos entre ambos grupos de profesores. La Tabla 8 resume las asociaciones más altas y más bajas. La competencia de “Generar un clima de aula cálido y de confianza, con y entre sus estudiantes, que motive y favorezca el aprendizaje” es significativamente más valorada por los profesores secundarios. Lo mismo ocurre con las competencias relativas al conocimiento y uso de los métodos de las ciencias naturales, manejar conocimientos sobre función nutricional y reproducción, propiedades de la materia y el uso de TICs, aunque esta última es una de las menos relevantes para ambos grupos de profesores. No existen competencias que

sean significativamente más valoradas por los profesores universitarios que por los de liceos y colegios. Las competencias relativas a pensamiento crítico y la evaluación de los aprendizajes son igualmente seleccionadas como “Mucha importancia” por ambos grupos de profesores.

Tabla 8. Valores de distribución obtenidos tras aplicar pruebas de ji cuadrado a las competencias consideradas de “Mucha importancia” en relación a profesores de ciencia secundarios versus profesores formadores de profesores de ciencia

	Competencia abreviada	Valor de distribución
Asociación alta	8. Clima cálido	0,0003
	14. Métodos de las ciencias naturales	0,0007
	17. Nutricional y reproducción	0,036
	18. Materia	0,063
	9. Uso de TICs	0,117
Asociación baja	7. Pensamiento crítico	0,965
	11. Evaluación del aprendizaje	0,965
	6. Respeto a la diversidad	0,953
	12. Práctica reflexiva	0,886

Los profesores universitarios encuestados son en su mayoría docentes formadores de profesores. Es posible que como tales estén mucho más actualizados en aspectos metodológicos y de psicopedagogía que los profesores que trabajan en aula. De ahí que llame la atención el que parezcan desconocer la relevancia de un clima propicio para el aprendizaje. Una hipótesis es que el académico tienda a pensar que el clima es una cuestión que se logra desde la calidad técnica de la clase. Por tanto, no es necesario “tener la capacidad” para generarla. Debería producirse por añadidura. En el caso del uso de materiales y métodos propios de las ciencias naturales, es posible que la subvaloración de los académicos tenga que ver con la definición de tales métodos. Efectivamente, los métodos requeridos por el currículum son bastante básicos y no incluyen las técnicas propias del “quehacer científico en ciencias naturales”. Los profesores de aula, que si conocen y aplican estas técnicas básicas, desde luego que opinan que son necesarias de saber. Si este supuesto es correcto, se hace necesario considerar la capacidad del profesor universitario para aprender a discriminar entre conocimiento científico y conocimiento del profesor de ciencias.

Es difícil explicar por qué algunas competencias que involucran conceptos técnicos o disciplinarios son más valorados por los profesores de aula que por los universitarios. Puede considerarse la brecha que existe entre tales grupos, respecto al conocimiento del marco curricular: los académicos pueden enseñar varias asignaturas de pedagogía (y hacerlo relativamente bien), sin necesidad imperiosa de conocer el currículum nacional vigente. El profesor de biología o química, está obligado a utilizarlo como herramienta de trabajo. Por otro lado, existen ciertas competencias mejor valoradas entre profesores del sistema municipal que el particular subvencionado y privado. Por ejemplo, la capacidad para formar equipos de trabajo es mucho más valorada por los profesores del sistema municipal y particular privado que por los del sistema particular subvencionado. En la Tabla 9 se señalan las competencias que son más valoradas por profesores según su pertenencia. Se incluyen solamente las que aparecen estadísticamente asociadas, en prueba de Ji cuadrado.

Tabla 10. Competencias mejor asociadas según Ji cuadrado, a la variable pertenencia y valores porcentuales con que los profesores respectivos las seleccionan con “Mucha importancia”.

	Municipal	Particular subvencionado	Particular pagado
1. Formar equipos	<b>100</b>	61	<b>100</b>
19. Movimiento	50	39	100
15. Conocimiento científico	<b>88</b>	39	40
13. Indagación científica	<b>100</b>	67	<b>100</b>
23. Regulación	50	56	0
4. Autoaprendizaje	<b>100</b>	61	80
18. Materia	<b>100</b>	61	80
12. Práctica reflexiva	<b>100</b>	61	60
7. Pensamiento crítico	<b>100</b>	72	<b>100</b>
2. Comunicación eficaz	88	61	<b>100</b>
16. Biodiversidad	<b>88</b>	50	<b>80</b>

Las competencias menos asociadas a la variable pertenencia son en general del ámbito conceptual (n° 16 en adelante). En contraste, las que se asocian, coinciden con ser genéricas y específicas del quehacer pedagógico (n° 1 a 15). El sistema particular subvencionado asigna menor valor en general a tales competencias, que el sistema municipal y particular pagado. Si esta tendencia arrojada por los resultados fuese representativa, las causas deberían

buscarse en la forma de concebir el propio quehacer al interior de los establecimientos de cada pertenencia. Eventualmente, los profesores del sistema municipal valoran más ciertas competencias porque aspiran a tenerlas y existe una comprensión general de su significado, consecuencia del conocimiento de algunos criterios evaluativos de su desempeño, que el profesor del sistema particular conoce menos. En los colegios particulares pagados los mayores porcentajes puede atribuirse a un mejor manejo de tales criterios y/o a una capacidad instalada para poder hacerse cargo de los mismos. Es difícil explicar, sin embargo, por qué los profesores del sistema subvencionado parecen valorar menos o mucho menos las mismas competencias bien relevadas por las demás pertenencias.

Es especialmente llamativa la asignación de importancia que asignan los profesores municipales a las competencias sobre conocimiento científico y prácticas reflexivas. Sobre la primera no existe alguna referencia donde recurrir. Pero en el segundo caso, la evaluación *Docentemás* (2009), señala que “la reflexión sobre el quehacer docente” es el ámbito medido con peores resultados, sólo superado por el diseño y uso retroalimentador de la evaluación. Es posible que los profesores del sistema municipal, los únicos medidos con el sistema de evaluación docente estatal, tengan más conciencia de la relevancia de este punto. No así los de colegios particulares. Esta hipótesis, sin embargo, se descarta si los profesores municipales no son adecuadamente informados de los resultados de la evaluación a nivel nacional.

Finalmente, si bien todas las opiniones de profesores y formadores de profesores de ciencia coinciden con muchas cualidades necesarias para realizar prácticas efectivas que puedan generar la alfabetización científica en nuestros estudiantes, también es preocupante señalar que algunas competencias ampliamente descritas en la literatura internacional como relevantes para la enseñanza de las ciencias no sean reconocidas por ninguno de los actores. Llama especialmente la atención que el manejo de tecnologías de información y comunicación (TICs) y la comprensión de la historia y naturaleza de las ciencias (conocimiento científico) sean dejadas en los últimos lugares de las preferencias (Figura 2). En cuanto al

manejo de herramientas tecnológicas, este es un tema muy importante en países como Corea del Sur, Finlandia y Holanda (Meisalo, *et al.*, 2007; Camacho *et al.*, en prensa), y además, hoy en día son ampliamente reconocidas por el gobierno, ya que se están generando estándares en el uso de TIC para el profesorado en general, por parte del MINEDUC. En cuanto al tema del manejo de la historia y la naturaleza de las ciencias, existen evidencias importantes que sugieren que la incorporación del contexto histórico mejora los aprendizajes de los alumnos en relación al entendimiento de la naturaleza del conocimiento científico y a la adquisición de competencias científicas (Matthews, 1994; Camacho & Quintanilla 2008; Rudge & Howe 2009), así como la enseñanza explícita de la naturaleza de las ciencias (Flick & Lederman 2004; Abell & Lederman 2007; véase además, Lederman y Lederman, cap. 5).

## Comentarios Finales

La formación de profesores de ciencias en base a competencias plantea desafíos ineludibles que están referidos, entre otros aspectos, al diseño de una estrategia de articulación permanente entre institución formadora y liceos, aquella que permita evaluar el ajuste de la oferta de formación inicial para los profesores que ejercerán en este campo del saber. La importancia de esta articulación se fundamenta en la propia naturaleza de las competencias. Al respecto, no puede pretenderse formar profesores de ciencias solo sobre la base de clases magistrales, aquellas destinadas por ejemplo a lograr el dominio de los contenidos disciplinares. La complejidad de las competencias, tal como la hemos descrito en este texto, invita a la práctica temprana y a consolidar una lectura didáctico/pedagógica de los desafíos de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Los resultados del estudio aquí descrito y analizado se dirigen en esta dirección, evidenciando por una parte los acuerdos y desacuerdos existentes entre los actores (formadores de profesores y profesores) respecto a las competencias de mayor relevancia para un desempeño y aprendizaje eficaz de las ciencias, y por otra, las necesarias precauciones que se deberán tener al momento de proyectar la formación en virtud, por ejemplo, de las diferentes demandas de competencias que se derivan del tipo de

dependencia pública/municipal, particular/privada, subvencionada/mixta de las instituciones de trabajo o inserción de los futuros profesores.

Al respecto, un resultado interesante que se ha obtenido durante la Fase 2 del estudio ha sido aquel que establece una evolución de la importancia de las competencias asociadas a la preparación de la enseñanza en virtud de los años de experiencias de los profesores. Proyectando este resultado sobre la formación, se puede concluir que:

- Los futuros profesores de ciencias no solo demandarán competencias asociadas al ámbito disciplinar y/o didáctico. La formación además deberá atender aquellas de carácter actitudinal que, entre otras posibilidades, explican el desarrollo del espíritu crítico e indagativo tan valorado en estos profesionales.
- Los futuros profesores de ciencias pasan, al igual que otros profesionales, por distintas fases de desarrollo profesional. En este sentido, la formación inicial también deberá proyectarse en términos de formación continua. En este último caso también deberá entenderse que las demandas de los profesores de ciencias estarán diferenciadas, ya no tan solo por su ámbito específico de desempeño (Química, Biología o Ciencias), sino además, por el tipo de dependencia de la institución de trabajo e inclusive, por la fase de desarrollo por las cuales atraviesa el profesor.

Cabe preguntarse por lo tanto, por aquellas estrategias que permitirán lograr atender estas demandas. Al respecto, nosotros compartimos el convencimiento de que no existen recetas o manuales que den respuestas unívocas, sino más bien, se deberá atender a principios que orienten las acciones. Uno de ellos dice relación, con la necesidad de prácticas tempranas en la formación, otro está vinculado al justo equilibrio entre los diferentes ámbitos de la formación (disciplinar, didáctico y pedagógico) y finalmente el crear instancias o ambientes en los cuales las competencias sean realmente desarrolladas y monitoreadas.

## Referencias

- Abell, S. K. & N. Lederman (2007). Handbook of research on science education. Routledge.
- Altet, M. (2001). Les comptences de l'enseignant-professionel: entre sovoirs schémas d'action et adptation, le savoir analyser. En : Former des enseignants professionnels.
- Léopold Paquay (editor). 2001. De Boeck Université, pp. 27-40.
- Astolfi, J. (Directeur) (2003). Éducation et formation: nouvelles questions, nouveaux métiers. ESF Editeur, Issy –Les-Moulineaux.
- Avalos, B. (2003). La formación de profesores y su desarrollo profesional. Prácticas innovadoras en busca de políticas: El caso de Chile. En: Cristián Cox (Editor), Políticas educacionales en el cambio de siglo: La reforma del sistema escolar de Chile, Editorial Universitaria, Chile, pp. 559-594.
- Avalos, B. (2006). El nuevo profesionalismo: formación docente inicial y continua. En Identidad y desafíos de la condición docente. En: El oficio de docente: vocación, trabajo y profesión en el siglo XXI: UNESCO-IIPE Fundación OSDE y Siglo XXI Editores, Buenos Aires.
- Beijaard, D., Douwe, M. y N. Verloopl. (1996). Assessing teachers' practical knowledge. *Studies in Educational Evaluation*, 22: 275-286.
- Beijaard, D., P. C. Meijer, y N. Verloop (2004). Reconsidering research on teachers' professional identity. *Teaching and Teacher Education*, 20:107-128.
- Bolívar, A. (Director) (1999). Ciclo de Vida profesional del profesorado de Secundaria. Desarrollo profesional y formación. Ediciones Mensajero, Bilbao.
- Camacho, J. y M. Quintanilla (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: retos y desafíos para promover competencias cognitivo- lingüísticas en la química escolar. *Ciência & Educação*, 14:197-212.
- Cattonar, B. (2001). Les identités professionnelles enseignantes. Ébauche d'un cadre d'analyse. *Cahiers de Recherche du Girsef*, 10 :1-34.
- CIDEC (1999). Competencias profesionales: enfoques y modelos a debate. Cuaderno de trabajo N°27. España.
- Claro, F. (2004). Panorama docente de las ciencias naturales en Educación Media Revista de Educación MINEDUC, 307:13-22.

- Coll, C. (2007). Las competencias en la educación escolar: algo más que una moda y mucho menos que un remedio. *Aula de innovación educativa*, 15.
- Cornejo, J. Padilla, A; Galaz, A; Molina, P y Fuentealba, R. (2001). Inserción e iniciación docente de profesores principiantes. Estudio de seguimiento de un programa colaborativo entre la Universidad y medio escolar. *Boletín de Investigación Educativa*, 16:77-93.
- Feiman-Nemser S. (2001). From preparation to practice: designing a continuum to strengthen and sustain teaching. *Teachers College Record*, 103: 1013-1055.
- Flick, L. B. & N. Lederman (2004). *Scientific inquiry and nature of science*. Kluwer Academic Publishers.
- Fullan, M. (2002). *Los nuevos significados del cambio en la educación*. Octaedro, Barcelona.
- Fullan, M. & A. Hargreaves (1996). *La escuela que queremos. Los objetivos por los cuales vale la pena luchar*. Amorrortu. Buenos Aires.
- Galaz, A. (2008). La reflexión como recurso para la mejora de las prácticas docentes en servicio: el caso de las Redes Pedagógicas Locales en Chile. En *Prácticas Reflexivas para la formación profesional docente: ¿qué las hace eficaces?* José Cornejo y Rodrigo Fuentealba (Editores). Ediciones UCSH. 2008.
- Galaz, A. (2007). *Desarrollo profesional y (re) construcción de las identidades profesionales de los profesores de Enseñanza Media. El caso de los Grupos Profesionales de Trabajo*. Tesis Doctorado. Pontificia Universidad Católica de Chile
- Galaz, A; Montecinos, C., Noguera, M. I., Montecinos, C. & Fuentealba, R. (2004). *Confronting the challenges of teaching Chile's new high school curriculum through local pedagogical networks*. Paper presented at the 2004 annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.
- Huberman, M. (1990). Las fases de la profesión docente. Ensayo de descripción y previsión. *Currículo 1*: 139-159.
- Jofré G. (2006). Algunas reflexiones en torno a la formación inicial docente basada en Competencias. *Foro Educativa* 9: 15-44.
- Matthews, M. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York. Routledge.
- Mertens, L. (1996). *Competencia laboral: sistemas, surgimiento y modelos* Montevideo: Cinterfor.

- Montecinos, C. (2003). Desarrollo profesional docente y aprendizaje colectivo. *Revista de la Escuela de la Psicología. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*, 15: 1-32.
- Moreno, A. (1987). La formación de profesores de ciencias en España o la frustración permanente del profesorado. Vol. 5, N° 1, 1987 (Ejemplar dedicado a: II Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas), pp. 60-61.
- Pérez, A. et. al. (1999). Desarrollo profesional del docente, política, investigación y práctica. Akal Edic. Madrid.
- Perrenoud, P. (2001). Former des enseignants professionnels: Quelles stratégies ? Quelles compétences? De Boeck Université Bruxelles. Belgique
- Perrenoud, P. (2007). Desarrollar prácticas reflexivas en el oficio de enseñar. Grao, Barcelona.
- Rudge, D. W. & E. M. Howe (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science *Science & Education* 18: 561–580.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching. Foundations for the new reform. *Harvard Educational Review*, 57: 1-22.
- Tardif, M. (2004). Los saberes del docente y su desarrollo profesional. Narcea Ediciones, Madrid.
- Vega M. (1994). Algunos aspectos del pensamiento del profesor de ciencias de EGB: visión de los futuros profesores y posibles consecuencias para su formación. *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado*, 20:101-113.
- Villar, L. (1988). Conocimiento, creencias y teorías de los profesores. Marfil, Alcoy, España.
- Villegas-Reimers, E. (2002). Formación Docente en los Estados Unidos de Norteamérica. En: Formación Docente: un aporte a la discusión. UNESCO/OREALC, pp 59-89, Santiago, Chile.
- Zeichner, K. (1993). El maestro como profesional reflexivo. *Cuadernos de Pedagogía*, 220: 44-29.
- Zeichner, K. y D. Liston (1999). Enseñar a reflexionar a los futuros docentes. En: Pérez Gómez et al., Desarrollo profesional Docente: política, investigación y práctica, pp. 505-532. Akal Ediciones, Madrid.



# Capítulo 10: La Formación de Profesores de Ciencia en Chile: desarrollo, estado actual y futuros desafíos

Hernán Cofré<sup>22</sup> y Claudia Vergara<sup>23</sup>

---

## Introducción

Si bien se puede decir que Chile es uno de los países Latinoamericanos con mejor desempeño en las pruebas internacionales que miden competencias científicas en estudiantes de enseñanza básica y media (Informe PISA, 2006), no es menos cierto que dentro del concierto internacional, nuestro país está muy por debajo del promedio de los países desarrollados y en vías de desarrollo de Asia, Oceanía y Medio Oriente (PISA, 2006; TIMMS, 2003). Esto se traduce en que el desempeño promedio de los estudiantes chilenos está asociado al nivel de tareas básicas, como recordar conocimientos científicos simples, usar conocimiento científico común para elaborar o evaluar conclusiones, pero no logran usar conceptos científicos ni crear modelos conceptuales para hacer predicciones o dar explicaciones (MINEDUC, 2006).

Existen evidencias que el factor más importante en los logros de aprendizaje de los estudiantes es el profesor (Abell, 2007; González *et al.*, 2009). Por lo tanto, el mejorar la formación de los profesores ha sido una preocupación constante en la mayoría de los países que quieren aumentar los niveles de alfabetización cien-

---

22 Dr. en Ciencias Biológicas, mención Ecología. Académico de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: hcofre@ucsh.cl

23 Dra. en Ciencias de la Educación. Coordinadora de la Carrera de Pedagogía Básica, Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: cvergara@ucsh.cl

tífica en sus estudiantes (Abell, 2000; Borgi *et al.*, 2000; Iqbal & Mahamood, 2000, Kahle & Kronebusch, 2003).

De acuerdo al informe de PISA (OECD 2006), en Chile los profesores que hacen clases de ciencia en octavo año básico, en su mayoría son de más edad que el promedio internacional, no tienen postgrados, y no se sienten bien preparados para enseñar ciertos contenidos, como Física y Ciencias de la Tierra. Por otro lado, existen evidencias que algunos profesores de biología y química se sienten con necesidades en su preparación disciplinar y especialmente didáctica (Vergara, 2006; Galaz *et al.*, cap. 9), lo que finalmente redundará en que los profesores de ciencia de nuestro país muchas veces le dan más importancia a los contenidos que al desarrollo de habilidades y actitudes científicas, dominando las metodologías tradicionales, basadas fuertemente en la lectura de libros de texto, y la instrucción directa del profesor, por sobre las actividades de indagación científica y el trabajo práctico (Vergara, 2006, González *al.*, 2009; Vergara & Cofré cap. 8).

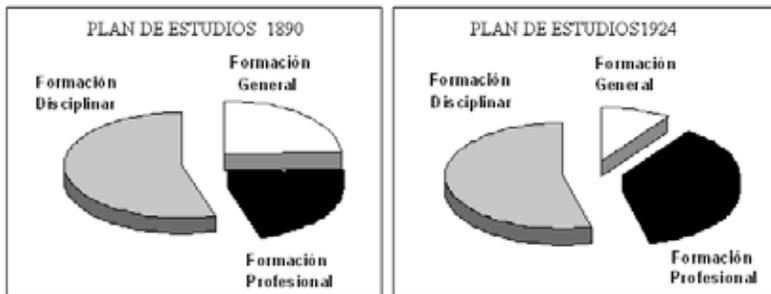
En el siguiente capítulo, nosotros revisamos la formación de profesores de Chile en términos históricos y comparamos las características actuales de los currículos utilizados en las universidades chilenas con las tendencias actuales de formación de profesores de ciencia en el mundo.

## **Antecedentes históricos de la formación de profesores de ciencia en Chile**

La primera institución dedicada a la formación de profesores para el nivel secundario en Chile fue el Instituto Pedagógico fundado en 1889. La dirección del Instituto fue entregada al alemán Federico Johow y en su primera planta docente participaron profesores venidos de Alemania (Núñez, 2002). A mediados de 1890, el Instituto Pedagógico pasó a formar parte de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile, ya que en sus orígenes dependía directamente del Ministerio de Instrucción. En este año se publicó el primer plan de estudio, el cual incluía como una de las seis especialidades la de “ciencias físicas y naturales” (Cox &

Gysling, 1990). El plan de estudios tenía una duración de 3 años, durante los cuales los estudiantes recibían formación en tres áreas: formación general, formación profesional y formación disciplinar (Fig. 1). Esta formación era de tipo concurrente, no obstante la formación o experiencia práctica se dejó para el último año de estudio (Cox & Gysling, 1990). Pocos años después, la duración de los estudios se fijó en 4 años, adquiriendo mayor relevancia la formación profesional sobre la formación general (Fig. 1). Además, en este cambio de programa se separan las disciplinas científicas experimentales, entregándose el título de profesor de estado en Ciencias Biológicas y Químicas separadamente del título de profesor de estado en Matemáticas y Física (Cox & Gysling, 1990).

Figura 1. Gráficos del porcentaje de tiempo asignado a formación general, formación profesional y disciplina en el plan de estudios de profesores secundarios de 1890 (24,7%, 20,5%, 54,8% respectivamente) y de 1924 (9,5%, 36,5%, 54,5% respectivamente) (modificado de Cox & Gysling, 1990).



En términos académicos, la formación de profesores secundarios, y de ciencia en particular, no sufrió grandes modificaciones, hasta el año 1934, fecha en que el Instituto Pedagógico se separa en dos institutos los cuales comienzan a impartir la formación disciplinar (Instituto Superior de Humanidades) y pedagógica (Instituto Pedagógico) por separado (Cox & Gysling, 1990). A partir de este año y hasta 1945 la formación adopta un modelo consecutivo en el cual el aprendizaje del conocimiento científico ocurre durante los primeros tres años de entrenamiento, seguido de otros dos años de estudios pedagógicos, lo cual alarga la carrera hasta 5 años (Cox & Gysling, 1990). El plan de estudio de 1934-1935 designaba el 34% del tiempo a la formación pedagógica y casi

el 65% a la formación disciplinar. En este plan se crearon nuevas especialidades en la formación científica, cuya carga horaria era incluso mayor a la de otras especialidades, disminuyéndose la carga de formación pedagógica para los profesores de Ciencia (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución horaria de la formación de profesores de ciencia de acuerdo al plan de estudio de 1934-1935 en la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile (Modificado de Cox & Gysling, 1990).

Especialidad	Horas de Disciplina	Horas de Pedagogía
Matemáticas y Física	78(73%)	29 (26%)
Química y Física	73(71,5%)	29(26,5%)
Química y Ciencias Biológicas	75(72%)	29(27%)

En 1945 el Instituto Pedagógico volvió a su estructura original al fusionarse el Instituto Superior de Humanidades y el nuevo Instituto pedagógico creado en 1934. Esta reforma trajo consigo el que la formación nuevamente volviera a ser paralela y no sucesiva. Las especialidades científicas volvieron a ser solamente matemáticas y física y química y ciencias biológicas como en el plan de 1924 (Cox & Gysling, 1990). Esta organización y programa de formación se mantuvo hasta que fuera separado de la Universidad de Chile por la dictadura Militar en 1981 (Núñez, 2002).

A partir de la década del 50', existen otras instituciones que forman profesores secundarios y específicamente profesores de ciencia. Por ejemplo, en 1953 ya existían los departamentos de Biología y Química y de Matemáticas y Física en la Facultad de Educación de la P. Universidad Católica de Chile, creada una década antes (Cox y Gysling, 1990). Ya a fines de los años 60' existían siete universidades ofreciendo la carrera de profesor secundario, incluyendo algunas de ellas las de profesores de ciencia (Núñez, 2002). En general, la formación en estas universidades seguía la estructura utilizada en el Instituto Pedagógico (Núñez, 2002). Por ejemplo, en la Universidad Católica, se ofrecen las carreras de Pedagogía en Física y Matemáticas y de Pedagogía en Biología y Química. El plan de estudio de 1959 de dichas carreras daba una importancia, en promedio, de un 75% a la disciplina y un 25% a la formación pedagógica y general (Cox & Gysling, 1990).

El golpe militar del año 1973 llevó a un debilitamiento de todo el sistema de educación superior del país, incluidos los profesores de ciencia. Sin embargo, no hubo grandes cambios en la formación académica hasta el año 1980 (Núñez, 2002). Fue en este año donde el gobierno militar decidió rebajar las carreras pedagógicas a un nivel no universitario, deteriorando así el “status” y la imagen de todos los profesores, incluidos los secundarios, y por ende los profesores de ciencia. Además, a partir de esta fecha, se permite que instituciones privadas, sin financiamiento del estado puedan dictar las carreras de Pedagogías en todos sus niveles, lo que diversificó la formación de profesores (Núñez, 2002). Todos estos cambios llevaron a una disminución sostenida en la matrícula de estudiantes de pedagogía hasta mediados de los años 90'. La matrícula nueva de estudiantes de pedagogía en enseñanza media cayó de 6.849 en 1981 a 3.367 en 1990 (Ávalos, 2002). Específicamente, las carreras de pedagogía en ciencias fueron algunas de las más afectadas por estas disminuciones. Por ejemplo, entre 1990 y 1996 la matrícula nueva en las menciones de ciencias naturales cayó en un 71% y las menciones de química, física y biología cayeron un 50% en promedio.

A partir de la vuelta a la democracia, ha existido un mejoramiento en las condiciones de los profesores, lo cual se ha visto reflejado en un aumento en la matrícula total de estudiantes de pedagogía a partir de mediados de los años 90', y específicamente de las carreras de pedagogía en ciencias (Tabla 2). Por otra parte, en términos académicos, la Ley Orgánica Constitucional de la Enseñanza, promulgada en 1990, estableció que las carreras conducentes al Título de Profesor (incluidos los profesores de enseñanza media con especialidad en ciencias) requerían además un grado de licenciatura otorgado por una Universidad, y por tanto debían considerarse como carreras universitarias nuevamente, lo que de alguna manera volvió a darle el estatus que tenía la profesión de maestro hasta antes de la reforma de 1980. Junto con este cambio académico, el gobierno se esforzó por mejorar las condiciones salariales de los profesores y a partir de mediados de los 90' se realizó una reforma educacional que tuvo como centro el evaluar y mejorar la formación inicial de los profesores en Chile (Ávalos,

2002). Fue así como a fines de los años 90' se creó el programa de Fortalecimiento de la Formación Inicial Docente (FFID), el cual perseguía el mejoramiento de los programas de formación de profesores de las universidades. Este financiamiento se focalizó en mejorar la formación docente en 17 universidades, lo cual estaba en sintonía con lo que se estaba realizando en muchas partes del mundo donde se reconocía que el docente jugaba un papel fundamental en el éxito de las reformas educacionales (Villegas-Reimers & Reimers, 1996).

Tabla 2. Matrícula total en carreras de pedagogía en enseñanza media con mención en ciencia, período 1997-2001 (Modificado de Ávalos 2002).

Carrera	1997	1998	1999	2000	2001
Biología/C. Naturales	837	899	965	1010	1049
Química/C. Naturales	207	237	304	357	432
Física/C. Naturales/Matemáticas	115	146	199	252	328

## Análisis curricular de la formación actual de profesores de Ciencia en Chile

Hoy en día, la formación de profesor en ciencias en Chile, se organiza en carreras universitarias. En lo que se refiere a trayectorias o caminos posibles para obtener un título de profesor de ciencia, la situación actual se ilustra en el siguiente cuadro modificado de Ávalos (2002):

Profesor/a y Licenciado/a en Educación Media con especialización en ciencias durante 4 o 5 años (trayectoria curricular con formación paralela en la mayoría de los casos).

Semestres									
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

Profesor/a y Licenciado en Educación Media con especialización en ciencias luego de haber obtenido una licenciatura o título profesional en la especialidad (formación consecutiva).

		Semestres			
Carrera afín a alguna especialidad científica	+			III	IV

Tabla 3. Universidades en las cuales se ofrecen carreras de Pedagogía en Ciencias en cualquiera de sus formas curriculares. B: Pedagogías que sólo incluyen la especialidad de Biología. F: Carreras de Física. Q: Incluyen la especialidad de Química. T: Un plan común lleva a las tres especialidades (Carreras con matrícula en 2009).

Universidad	Carrera	Nº de semestres	B	F	Q	T
1. Pontificia U. Católica de Valparaíso	1. Ped. en Biología y Cs. Nat.	9	X			
	2. Ped. en Química y Cs. Nat.	9			X	
2. U. Adventista de Chile	3. Ped. en Biología y Cs. Nat.	10	X			
3. U. Arturo Prat	4. Ped. en Biología y Química	10			X	
4. U. Católica de La Santísima Concepción	5. Ped. en Educación Media en Biología y Cs. Nat.	10	X			
5. U. Católica de Temuco	6. Ped. en Educación Media en Cs. Nat. y Biología	10	X			
6. U. Católica del Maule	7. Ped. en Ciencias con mención en Biología, Química o Física	9				X
7. U. de Antofagasta	8. Ped. en Biología y Cs. Nat.	10	X			
	9. Ped. en Física	10		X		
	10. Ped. en Química	10			X	
8. U. de Concepción	11. Ped. en Cs. Nat. y Biología	10	X			
	12. Ped. en Cs. Nat. y Física	10		X		
	13. Ped. en Cs. Nat. y Química	10			X	
9. U. de La Frontera	14. Ped. en Ciencias con mención en Biología, Química o Física	10				X
10. U. de La Serena	15. Ped. en Biología y Cs. Nat.	9	X			
	16. Ped. en Química y Cs. Nat.	9			X	
	17. Ped. en Física y Matemáticas	9		X		
11. U. de Magallanes	18. Ped. en Química y Cs. Nat.	10			X	
	19. Ped. en Biología y Cs. Nat.	10	X			
12. U. de Playa Ancha de Ciencias de la Educación	20. Ped. en Biología y Ciencias y Lic. en Educación	10	X			
	21. Ped. en Química y Ciencias y Lic. en Educación	10			X	
	22. Ped. en Física y Computación	10		X		
13. U. de Tarapacá	23. Ped. en Biología y Cs. Nat.	10	X			
	24. Ped. en Química y Cs. Nat.	10			X	
	25. Ped. en Matemática y Física	10		X		
14. U. del Bío-Bío	26. Ped. en Cs. Nat., mención en Biología, Química o Física	10				X
15. U. de Santiago de Chile	27. Lic. en Educación en Química y Biología	9			X	
	28. Lic. en Educación en Física y Matemáticas	9		X		
16. U. de Las Américas	29. Ped. en Biología y Cs. Nat.	8	X			
17. U. Metropolitana de Ciencias de la Educación	30. Lic. en Educación y Ped. en Biología y Cs. Nat.	10	X			
	31. Lic. en Educación y Ped. en Química y Cs. Nat.	10			X	
	32. Lic. en Educación y Ped. en Física y Cs. Nat.	10		X		

18. U. Central	33. Ped. en Biología y Ciencias	8	X			
19. U. de Chile	34. Ped. en Física y Matemáticas	10		X		
20. U. Iberoamericana de Ciencias y Tecnología	35. Ped. en Biología y Química	10			X	

Como se puede observar, hoy en día existen dos posibilidades de formación de profesores de ciencia. La forma más común, impartida en 20 universidades (Tabla 3), es la preparación como una carrera de al menos cuatro años de estudios donde, dependiendo de la universidad, se obtienen los conocimientos de la especialidad y de la pedagogía en forma paralela (en la gran mayoría de las veces) o consecutiva. Además, se puede obtener un título con las especialidades de la educación científica en casi todas las alternativas (biología, química y biología, ciencias con menciones, entre otras). Un número mucho más reducido de universidades (sólo 4) ofrecen la posibilidad de que profesionales del área de las ciencias, como agrónomos, veterinarios, bioquímicos o licenciados en ciencias realicen estudios de pedagogías que los conduzcan a obtener el título de profesores de ciencia (Tabla 4). Estos estudios pueden tener una duración que oscila entre dos y cuatro semestres. Por lo tanto, en Chile predomina una formación de tipo paralela, al igual que en otros lugares del mundo como Alemania, Finlandia, Canadá o Colombia. Este tipo de formación tiene la ventaja que los alumnos “podrían” conocer rápidamente si la enseñanza de las ciencias es su vocación o no, al estar en contacto desde “el comienzo” con experiencias prácticas (Jakku-Sihvonen & H. Niemi, 2007; Camacho *et al.*, cap.1). No obstante, en Chile muchas veces las prácticas profesionales están ubicadas al final de la formación con lo que se pierde uno de los principales beneficios de este tipo de trayectoria curricular.

Tabla 4. Universidades en las cuales se ofrecen carreras de Pedagogía en Ciencias a profesionales que ya poseen un grado académico o varios años de estudio en una especialidad científica.

Universidad	Carrera
P. U. Católica de Chile	Profesor de educación media en Física
	Profesor de educación media en Ciencias Naturales y Biología
	Profesor de educación media en Ciencias Naturales y Química
	Profesor de educación media en Matemática y Física
	Profesor de educación media en Química
U. Alberto Hurtado	Profesor de segundo ciclo básico y Ciencias Naturales (Biología y Química)
	Profesor de segundo ciclo básico y Física
U. Andrés Bello	Profesor de educación media en la especialidad
U. de Santiago de Chile	Pedagogía en Física y Matemática

Por otro lado, en muchos países existe una formación de profesores de ciencia de tipo consecutiva, en que al comienzo se adquieren los conocimientos y habilidades relacionadas con la disciplina y luego en uno o dos años se adquieren los conocimientos y la experiencia pedagógica. Algunos ejemplos de este tipo de sistemas incluyen a España, Francia, Inglaterra, Italia, EEUU, ente otros (Borgi *et al.*, 2000; Camacho *et al.*, cap. 1). La desventaja obvia del sistema consecutivo es que muchas veces el estudiante que recibe tres años de formación científica, sin acceso a experiencia pedagógica, se entusiasma con el quehacer científico y, si tiene la posibilidad, continúa o termina una formación científica más que una formación de profesor de ciencia. Sobre este punto, también es importante notar, que en la mayoría de los países desarrollados existen ambas formulas de formación, siendo la formación paralela más frecuente en profesores de enseñanza primaria, pero también para profesores de enseñanza secundaria. Además, debido a la falta de profesores de ciencia que existe en todo el mundo en general, los programas de formación consecutiva también están abiertos a recibir profesionales como ingenieros, bioquímicas u otros que quieran ejercer como profesores de ciencia.

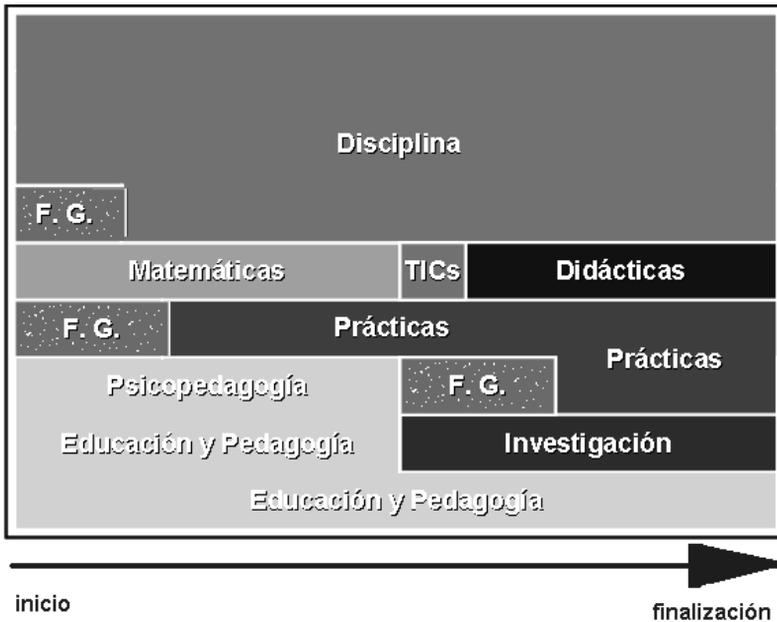
En cuanto a la formación que reciben los estudiantes que entran a los programas tradicionales de obtención del título de profesores de ciencias, se pueden reconocer varias características. En primer lugar, llama la atención la gran heterogeneidad de modelos forma-

tivos, en los que hay diferencia, tanto en la duración del programa (aunque la mayoría dura 5 años), así como en la modalidad de especialización (Tabla 3). En este último tema se pueden distinguir desde carreras individuales (e.g. Pedagogía en Biología, Pedagogía en Física), pasando por carreras con ciclos comunes que, luego de algunos semestres de formación común, dan paso a especializaciones en Física, Química o Biología, hasta carreras de dos especialidades como Pedagogía en Física y Matemática o Pedagogía en Biología y Química.

Al analizar un poco más a fondo la formación que imparten los diferentes programas de profesores de ciencia, se puede observar que en la gran mayoría de las universidades, la preparación de los futuros profesores es de tipo paralela o concurrente, en el sentido que a partir del primer año tienen actividades curriculares relacionadas tanto con el ámbito de la educación, ya sea a través del estudio de la psicología de los aprendizajes, las prácticas tempranas o temas de teoría o sociología de la educación, como con el ámbito de la disciplinas científicas. Solamente en la Universidad de Tarapacá y en la Universidad de Chile, la formación es marcadamente consecutiva, ya que los tres primeros años sólo incluyen asignaturas que tiene que ver con la especialidad (ya sea física, química o biología en la UTA o física en la Universidad de Chile). Un resumen de la proporción y secuencia del plan de estudio de las carreras de pedagogía en ciencia que se imparten en las universidades chilenas se muestra en la Figura 2.

Por otro lado, del análisis de los planes de estudios, se puede notar que en la mayoría de los programas se incluye una proporción importante de cursos relacionados con la especialidad o las disciplinas científicas (como biología, química, física, ciencias de la tierra), siendo en promedio un 45% de la malla. No obstante, existe una gran variación entre las diferentes universidades, encontrándose carreras en las que la especialidad es menos de un 30% de la malla y otras en que sobrepasa el 60% (Figura 3). En general, esta formación va

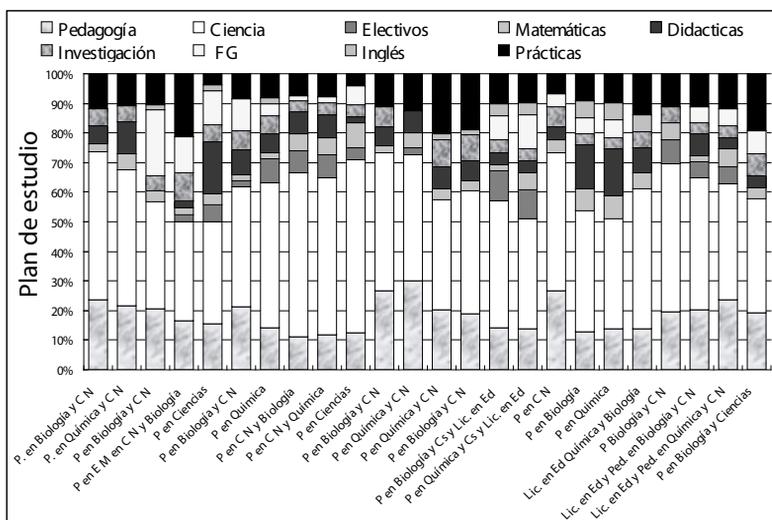
Figura 2. Estructura general que poseen las carreras de Pedagogía en Ciencias, en sus distintas modalidades. El esquema muestra la proporción del plan de estudios que está destinado a diferentes líneas curriculares. Estas se incorporaron bajo el criterio que estuvieran presentes en más del 90 % de las carreras analizadas. Además, el esquema muestra, desde izquierda a derecha, un promedio de la temporalidad y secuencia de los distintos ejes del plan de estudio. Al comienzo existe principalmente formación disciplinar y de educación, mientras que al avanzar en la carrera se van incorporando cursos sobre investigación, prácticas y didácticas.



va aumentando en proporción a partir del segundo año, se va haciendo más específica y se va articulando con cursos sobre didáctica y tecnologías (TICs) hacia el final de la carrera (Figura 2). Esta proporción o importancia de la formación disciplinar coincide con la mayoría de las mallas curriculares de países desarrollados. Por ejemplo, en Inglaterra tomando en cuenta los cuatro años de estudio que debe realizar un profesor de ciencias, los tres primeros (es decir 75% de su formación), están dedicados a la disciplina (Vega 2005; Camacho *et al.*, cap. 1). Algo parecido ocurre en Italia, Finlandia, o Alemania donde cerca del 60% de la formación se relaciona con los temas de la disciplina (Borgi *et al.*, 2000; Lavonen, J. *et al.*, 2007; Camacho *et al.*, cap. 1).

Por otra parte, la formación pedagógica ocupa, en promedio, un 18% de la malla, oscilando entre un 9% y un 30%, dependiendo de la universidad que imparte la carrera (Figura 3). En general, esta formación se imparte en los primeros años de las carreras de ciencia, incluyendo asignaturas de Psicopedagogía y de Teoría, Filosofía o Sociología de la Educación. Algunos de los cursos que se ubican más hacia el final de la carrera tienen que ver con gestión educativa, orientación y currículo (Figura 2). Esta proporción de formación teórica pedagógica es bastante más de lo que se observa en los planes de estudios de países europeos. Por ejemplo, en Alemania, una de las naciones con formación concurrente, la proporción de cursos teóricos de pedagogía no representa más del 11% del plan de estudio. Por otro lado, en naciones donde la formación es consecutiva, la proporción de cursos teóricos de educación es mínima: en Inglaterra casi no existe, y en España e Italia corresponde más o menos a un tercio del último año de formación pedagógica (Borgi *et al.*, 2000; Vega, 2005; Camacho *et al.*, cap. 1).

Figura 3. Proporción de los planes de estudios de 24 carreras de Pedagogía en Ciencias dedicado a diferentes temas. Se puede apreciar la gran variación que existe en la representación de diferentes tópicos en las distintas carreras.



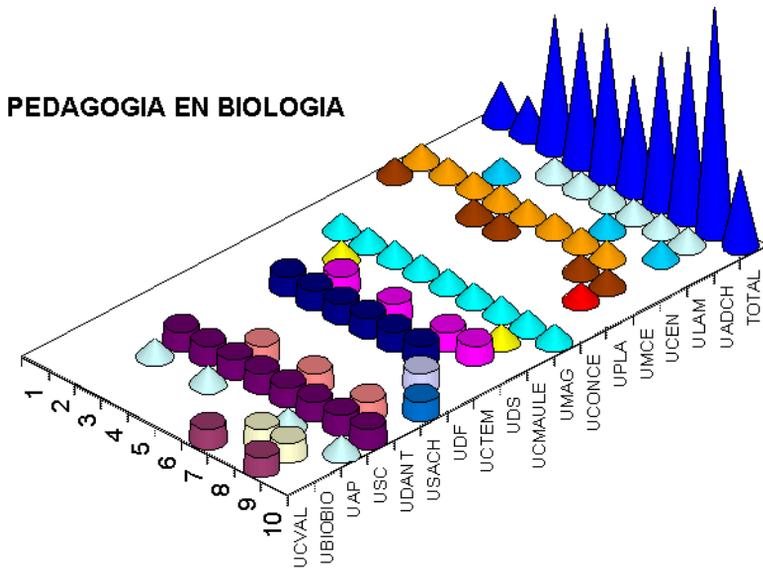
Otro eje importante dentro de la formación de los profesores de ciencia en Chile es el que se relaciona con la formación práctica (Figura 2). Esta, en promedio, representa el 11% de las mallas analizadas, aunque su proporción varía entre un 5% y un 21% dependiendo de la Universidad donde se imparte (Figura 3). Esto contrasta con la generalidad que describe Ávalos (2002), en la cual se muestra que las prácticas representan cerca del 20% de la formación de los profesores en Chile. Esto se puede explicar porque, en general, las carreras de Pedagogía en enseñanza media, y específicamente en enseñanza de las Ciencias, tienden a tener menos actividades prácticas que carreras de Pedagogía Básica, Parvularia o Diferencial (Cofré *et al* en revisión). Otra característica de la formación práctica de los profesores de ciencia es que esta comienza temprano en la formación (Figura 2).

La Figura 4 muestra un ejemplo de esta disposición de actividades curriculares en algunas de las carreras analizadas. En la mayoría de ellas, existen instancias prácticas antes de los dos primeros años, e incluso en algunas universidades existe un eje temporal que se desarrolla durante toda la carrera. No obstante, también es importante evidenciar que muchas veces, las actividades prácticas que se encuentran al comienzo del plan de estudio, poseen pocos créditos y son de carácter observacionales (Cofré *et al.*, en revisión), por lo que de todas formas la mayor proporción de la práctica se mantiene en los últimos semestres (Figura 2). Esto también contrasta con el papel central que tiene la formación práctica en naciones desarrolladas (Cofré *et al.*, en revisión). Por ejemplo, tanto en Finlandia, Alemania y Canadá existe una o varias prácticas tempranas donde el estudiante observa, reflexiona, investiga y finalmente se hace cargo de los aprendizajes de estudiantes por al menos un mes (Gervais & Correa 2004; Schimpf-Herken, 2006; Jakku-Sihvonen & Niemi, 2007; Camacho *et al.*, cap. 1). Luego existen otras prácticas, hacia el final de la formación, en que los estudiantes se hacen cargo de las clases por al menos dos meses y junto a las cuales deben trabajar en portafolios donde ellos dejan evidencias de investigaciones y reflexiones sobre su desempeño y el de sus estudiantes. Por otra parte, en países como Italia, Inglaterra, algunos estados exitosos de Estados Unidos (e.g. Boston,

Nueva York), Holanda, España, entre otros, si bien la experiencia práctica comienza recién en el cuarto año de formación, la mayoría de las veces esta se extiende durante todo el año, combinando la reflexión, la investigación y el hacerse cargo de la planificación y ejecución de clases (Cofré *et al.*, en revisión, Vega, 2005; Camacho *et al.*, cap. 1).

Además de las ya nombradas, existen otras áreas de formación que poseen una menor importancia relativa dentro del plan de estudio de las Pedagogías científicas en Chile. Por ejemplo: la investigación (6%), la didáctica (5,7%), la matemática (5,2%) y la formación general (5,5%). (Figura 3). Todos estos temas, aunque con poca representación en las mallas chilenas, son temas centrales para la formación del profesor de ciencias naturales en los países desarrollados (Carrascosa *et al.*, 2008; González *et al.*, 2009). Por ejemplo, llama la atención la poca actividad investigativa que estarían realizando los estudiantes formados en Chile, cuestión central en naciones de alto rendimiento como Finlandia, Corea del Sur o Japón (Jakku-Sihvonen & H. Niemi, 2007; Camacho *et al.*, cap 1). De hecho, una de las razones que dan los educadores de profesores de ciencias en Finlandia, para explicar los buenos resultados de sus estudiantes en pruebas como PISA, es la formación en base a la investigación que reciben los profesores en formación en las universidades, donde ellos deben realizar dos tesis (una a nivel de bachillerato y la otra a nivel de master) (Lavonen *et al.*, 2007). Por otro lado, también discrepa nuestra formación con la recibida por estudiantes en países europeos en el poco desarrollo de las materias relacionadas con la didáctica o la enseñanza de las ciencias. Este tema de formación es muy importante en los planes de estudios en países como Alemania, Italia, Finlandia, Estados Unidos o Inglaterra (Camacho *et al.*, cap. 1). En estos países existe un gran desarrollo de las investigaciones en la didáctica de las ciencias (e.g. Eschenhagen *et al.*, 2006; Krüger & Vogt, 2007; Abell & Lederman, 2007), y en el conocimiento pedagógico del contenido (PCK, Pedagogical Content Knowledge) en ciencias (e.g. Gess-Newsome & Lederman, 2000; Abell & Lederman, 2007), y muchas veces son los especialistas en este tema los que supervisan las prácticas de los estudiantes.

Figura 4. Análisis temporal de las actividades relacionadas con la formación práctica en la carrera de Pedagogía en Biología de 16 Universidades de Chile.



Finalmente, es importante destacar que la casi ausencia explícita de dos temas importantes: TIC (Tecnologías de Informática y Comunicación) y Aspectos sobre Filosofía, Naturaleza o Historia de las ciencias (Camacho *et al.*, cap 1.). En cuanto al manejo de herramientas tecnológicas, un tema tan importante en países como Corea del Sur, Finlandia y Holanda, al parecer aun está en un desarrollo incipiente en Chile, ya que muy pocas veces se explicita algún curso sobre TIC en las mallas analizadas. No obstante, es probable que este tema se este trabajando en forma transversal en distintos cursos, por lo que su representación explícita en las mallas puede estar subestimada. Es importante incorporar este tipo de recursos, toda vez que existen investigaciones que muestran que uno de los factores que explica el buen resultado en pruebas internacionales de estudiantes en ciertos países de Europa, por ejemplo Finlandia, es el uso de TIC (Meisalo, *et al.*, 2007).

El caso de la formación sobre la historia, filosofía, y naturaleza de las ciencias parece ser aun más incipiente. En general, existen muy pocos ejemplos donde los planes de estudio incorporen explícitamente este tipo de temas en cursos independientes (en pro-

medio fue menos del 5% de las mallas analizadas). Esto también está muy alejado del ideal, ya que existen evidencias importantes que tanto temas de filosofía e historia de las ciencias, como de naturaleza de las ciencias, mejoran o enriquecen la formación de los profesores (Borgi *et al.*, 2000; Carrascosa *et al.*, 2008). Ejemplos de países donde se da importancia a estos temas son: Estados Unidos, Italia, España, entre otros (Borgi *et al.*, 2000).

Como síntesis de este análisis del currículo que hoy presentan las carreras de ciencia en Chile, se puede decir que dicha formación está marcada por una fuerte componente del ámbito disciplinar, y en menor medida por una preocupación por la formación en el ámbito pedagógico. Por otra parte, existe una menor preocupación de las casas de estudio que forman profesores de ciencia, por ámbitos tan importantes como la formación práctica, la investigación (tanto en la disciplina, la didáctica como la pedagogía) y la didáctica de las ciencias. Finalmente, existe muy poca preocupación por temas como el conocimiento de la historia y la naturaleza de las ciencias, el manejo de un segundo idioma y el manejo de tecnologías para el aprendizaje, generalmente representados, cuando existe, por una sola actividad curricular cada una.

## Comentarios Finales

Del análisis de las mallas de las carreras de pedagogía en ciencias, podemos decir que la formación de profesores de ciencias en Chile en la actualidad se basa fundamentalmente en dos importantes pilares: formación científica y formación pedagógica. Sin embargo, existen evidencias que la formación efectiva de profesores de ciencias debería incluir otros aspectos igualmente relevantes, tales como: la didáctica, la indagación, la historia y la naturaleza de las ciencias (Abel, 2000; Borgi *et al.*, 2000; Abell & Lederman, 2007; Carrascosa *et al.*, 2008).

Se sabe que el profesor que no posee conocimientos sólidos sobre la materia que enseña, es un profesor inseguro, que se guiará principalmente por lo que dicen los libros de texto, lo cual finalmente repercute en que su práctica sea poco innovadora y prin-

principalmente tradicional (Carrascosa *et al.*, 2008). De hecho existen evidencias en Chile que profesores de biología que tienen poco dominio de la disciplina suelen realizar sus clases en formatos más tradicionales, remitiéndose a reproducir el contenido de un texto o documento y negando al alumno cualquier posibilidad de indagación, frente al temor de hacer evidente su poco manejo (Vergara, 2006). En este sentido, y en base al análisis de las mallas curriculares, se puede decir que la formación actual de profesores en Chile está enfocada en un tema muy importante. Sin embargo, conviene tener en cuenta que una formación científica seria, implica mucho más que conocer el contenido actualizado de la asignatura a enseñar. También implica conocimientos y habilidades profesionales muy diversas: como saber realizar y promover la indagación científica, conocer la historia de la ciencia y comprender la naturaleza del conocimiento científico, aspectos que suelen dejarse de lado en los cursos universitarios alrededor del mundo (Furió-Más, 1994; Carrascosa *et al.*, 2008). De hecho Gonzalez *et al.*, (2009), han mostrado las primeras evidencias que existe muy poca actividad de investigación en los cursos disciplinarios dentro de la formación de profesores de ciencia en Chile. Por lo tanto, es imprescindible que se comiencen a incluir cursos explícitos de temas tan importantes como la investigación en ciencias y en didáctica de las ciencias, así como actividades curriculares que incluyan la historia y naturaleza de las ciencias dentro de la formación de los profesores de ciencia en Chile. Si bien se puede pensar que estos temas son abordados en forma transversal en los cursos de la disciplina o en las didácticas dentro de las carreras de pedagogía en ciencias, los primeros hallazgos de Gonzalez *et al.*, (2009), muestran que esto es difícil de creer. Por otra parte, el hecho que la mayoría de las veces sean científicos los que dicten cursos de disciplina a los estudiantes de pedagogía en ciencia (muchas veces recargados de contenidos), hace menos probable aun que dentro de esas actividades curriculares se deje tiempo para desarrollar temas como la historia y la epistemología de las ciencias. Según un estudio de Windschitl (2003), los profesores que mejor y más implementaban metodologías de indagación científica en su sala de clases eran aquellos que habían tenido experiencias significativas de investigación científica durante sus estudios de pregrado

o durante su vida profesional, por lo tanto, el incluir cursos sobre indagación y naturaleza de las ciencias en la formación de profesores de ciencia es algo que puede repercutir en forma directa y positiva en los resultados de los aprendizajes de los estudiantes de nuestro país.

Este aumento en cursos o instancias de investigación, historia y epistemología de las ciencias que nosotros proponemos, se podría realizar disminuyendo horas o cursos dedicados a temas generales de pedagogía, los cuales pueden alcanzar incluso el 30% de las mallas de profesores de ciencia en Chile, lo que es casi el doble de países como Inglaterra, USA, Italia o España (Borgi *et al.*, 2000; Vega, 2005; Camacho *et al.*, cap. 1). De hecho Oliva (2005) ha manifestado el peligro que puede significar una formación basada únicamente en ciencia y pedagogía general: *“En la actualidad parece apuntarse un alarmante declive de la importancia que las administraciones educativas conceden a las diferentes didácticas específicas en la formación del profesorado, con un excesivo énfasis en problemas educativos generalistas...”*.

Para eliminar el riesgo de que la formación inicial de profesores de ciencia sea una simple suma de una formación científica por un lado y una formación general en psicología, pedagogía y sociología por otro (Carrascosa *et al.*, 2008), es urgente que se le de mayor importancia a la formación en la didáctica específica en los planes de estudio de los programas de pedagogía en ciencias en Chile. Este tipo de formación puede servir como puente o catalizador para realizar la integración entre los principios teóricos estudiados en los cursos de educación, con la práctica docente en la que el futuro profesor ha de impartir unos determinados contenidos científicos. Además, estos cursos de didáctica deberían estar íntimamente relacionados con las experiencias prácticas de los estudiantes de pedagogía en ciencias en las escuelas, haciendo esta última formación más coherente y dialogante con la formación teórica.

En síntesis, lo que se requiere es cambiar hacia un mayor énfasis en aspectos metodológicos y procedimentales, con el fin de que los futuros profesores tengan todas las herramientas para poder

desarrollar competencias científicas en sus estudiantes. No obstante, esta nueva visión de la formación docente, también necesita de cambios en el currículo nacional de ciencias (menos énfasis en los contenidos y más énfasis en las habilidades) y en las condiciones en que los profesores hoy en día realizan sus prácticas de enseñanza de las ciencias (menos horas frente a curso, más horas para reflexionar y planificar oportunidades de enseñanza y aprendizaje).

## Referencias

- Abell, S. K. (2000). *Science Teacher Education: an international perspective*. Kluwer Academic Publishers.
- Abell, S. K. (2007). *Research on Science Teacher Knowledge*. En: S. K. Abell & N. G. Lederman (eds.). *Handbook of research on science education*. Routledge.
- Abell, S. K. & N. Lederman (2007). *Handbook of research on science education*. Routledge.
- Ávalos, B. (2002). *Profesores para Chile*. Ministerio de Educación.
- Borgi, L. A. De Ambrosis & P. Mascheretti (2000). *Reform in Science Teacher Education in Italy: The case of Physics*. En: *Science Teacher Education: an international perspective*, Abell, S. K. Kluwer Academic Publishers.
- Iqbal, H. M. & N. Mahamood (2000). *Science Teacher Education in Pakistan: Policies and Practices*. En: *Science Teacher Education: an international perspective*, Abell, S. K. Kluwer Academic Publishers.
- Camacho, J. J. Jiménez, A. Galaz & D. Santibáñez (en prensa) Capítulo 1. *La formación de profesores de ciencia en el mundo: una revisión*. En: Cofré H. (ed.). *Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile*. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.
- Carrascosa, J., J. Martínez, C. Furió y J. Guisasola (2008). *¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria?* *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.* 5:118-133.
- Cofré, H., M. I. Noguera, A. Silva y C. Vergara. *La formación práctica de profesores: una revisión de las tendencias actuales para tomar en cuenta en la formación de profesores en Chile*. (en revisión).

- Cox, C. y J. Gysling (1990). La formación de docentes en Chile, 1884-1987. Santiago. Centro de Investigaciones y desarrollo de la Educación, CIDE.
- Eschenhagen, D., U. Kattmann y D. Rodi (2006). *Fachdidaktik Biologie*. Aulis Verlag Deubner, Köln.
- Furió-Más, C. J. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12:188-199.
- Galaz, J. A., D. Santibáñez, J. P. Camacho, J. Jiménez, C. Vergara y H. Cofré (en prensa) Capítulo 9. Competencias para una enseñanza efectiva de las ciencias: ¿qué opinan los profesores y los formadores de profesores? En: *Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile* (Ed. H. Cofré).
- Gervais, C. y Correa, E. (2004). Explicitación del saber de experiencia de los profesores en el contexto de las practicas docentes: un marco conceptual y metodológico. *Ikala* 9: 141-166.
- Gess-Newsome, J. & N. Lederman (2000) Examining Pedagogical Content Knowledge. Kluwer Academic Publishers.
- Jakku-Sihvonen, J. and H. Niemi (2007). *Research-based teacher education in Finland: reflections by finnish teacher educators*. Finish Educational research Association
- Kahle B. J. & Kronebusch (2003) Science Teacher Education: From a fractured system to a Seamless continuum. *Review of Policy Research* 20: 585 – 602.
- Krüger D. & Vogt (2007) Theorien in der biologiedidaktischen Forschung, Berlin: Springer Verlag, 81-92.
- Lavonen, J., H. Krzywacki-Vainio, M. Aksela, L. Krokfors, J. Oikkonen, y H. Saarikko (2007). Pre-service teacher education in chemistry, matematics and physics. En: Pehkonen, E., M. Ahtee, y J. Lavonen (eds.). How Finnis learn matematics and science. Sense Publishers.
- Meisalo, V., J. Lavonen, K. Juuti, y M. Aksela (2007). INformation and communication technology in school science in Finlad. En: Pehkonen, E., M. Ahtee, y J. Lavonen (eds.). How Finnis learn matematics and science. Sense Publishers.
- MINEDUC (2006). PISA 2006: Rendimientos de estudiantes de 15 años en Ciencias, Lectura y Matemática.
- Núñez, I. (2002). La formación de docentes. Notas Históricas. En: Profesores para Chile, Ávalos, B. Ministerio de Educación.

- Schimpf-Herken, I. (2006) El modelo de formación de docentes inicial de la Universidad Humboldt de Berlín. En: Modelos Innovadores en la formación inicial docente. Oficina Regional de Educación de la UNESCO.
- Vega, L. (2005). Los sistemas educativos europeos y la formación de profesores. Los casos de Francia, Reino Unido, España y Finlandia. *Revista de Educación* 336: 169-187.
- Vergara, C. (2006). Concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en profesores de biología: Coherencia entre el discurso y la práctica de aula. Tesis doctoral para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vergara, C. y H. Cofré (2008). La enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Básica chilena: un camino por recorrer. *Revista Foro Educativo*, 14: 85-104.
- Villegas-Reimers, E. y F. Reimers (1996) Where are 60 Million teachers? The missing voice in educational reforms around the world. *Prospects* 26:469- 492.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry Projects in Science Teacher Education: What Can Investigative Experiences Reveal About Teacher Thinking and Eventual Classroom Practice? *Science Education* 87: 112-143.



## **Parte V: Conclusiones Finales**



# Capítulo 11: Conclusiones y futuras direcciones

**Hernán Cofré<sup>24</sup>, Javier Jiménez<sup>25</sup>, Claudia Vergara<sup>26</sup>, David Santibáñez<sup>27</sup>, Johanna Camacho<sup>28</sup> y Alberto Galaz<sup>29</sup>**

---

## Introducción

En la actualidad, la ciencia ocupa un rol protagónico en nuestra sociedad. El conocimiento científico ha trascendido prácticamente todos los aspectos de la vida cotidiana y se ha vuelto indispensable, no sólo para la comprensión del medio en que estamos inmersos, sino también para participar de manera informada en la toma de decisiones de una sociedad democrática. Del reconocimiento que hace la comunidad internacional acerca de la importancia de la ciencia en la vida cotidiana de las personas, es que se propone la alfabetización científica, como *“la capacidad de usar el conocimiento científico para identificar preguntas y para sacar conclusiones basadas*

---

24 Dr. en Ciencias Biológicas, mención Ecología. Académico de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: hcofre@ucsh.cl

25 Magister(c) en Filosofía de las Ciencias, Universidad de Santiago de Chile. Académico de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: jejimene@uc.cl

26 Dra. en Ciencias de la Educación. Coordinadora de la Carrera de Pedagogía Básica, Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: cvergara@ucsh.cl

27 Magister(c) en Educación. Universidad Alberto Hurtado. Académico adjunto de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: dpsantibanez@gmail.com

28 Dra. en Ciencias de la Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile. Académica adjunta de la Escuela de Educación Inicial, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: jpcamach@gmail.com

29 Dr. en Ciencias de la Educación. Académico del Departamento de Educación, Universidad Católica Silva Henríquez. E-mail: jagalaz@puc.cl

*en las pruebas, con el fin de entender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios realizados en él a través de la actividad humana” (OCDE, 2000). Para lograr la alfabetización científica de todos sus estudiantes, los países desarrollados han utilizado diferentes metodologías, las cuales se orientan fundamentalmente a:*

- i) mejorar y cambiar el currículo de ciencias, disminuyendo los contenidos y dando más énfasis a los aspectos procedimentales como el desarrollo de habilidades de pensamiento científico;
- ii) mejorar las condiciones de los centros educativos, disminuyendo el número de alumnos por curso y mejorando la infraestructura;
- iii) aumentar el gasto utilizado en investigación sobre enseñanza de las ciencias;
- iv) mejorar las condiciones de trabajo de los profesores, aumentando sus salarios y disminuyendo sus horas frente a curso, para así propiciar el trabajo colaborativo entre ellos, la preparación de clases y de materiales didácticos y la formación continua;
- v) aumentar las exigencias y requisitos de entrada a las carreras de pedagogía, así como el proceso de certificación de los profesores recién egresados;
- vi) mejorar la formación continua de los profesores de ciencia, entre otras iniciativas (Millar 2006; Barber & Mourshed, 2007; Cofré 2009; Cofré *et al.* en prensa; Camacho, *et al.* cap. 1).

Considerando que estas medidas son de suma importancia para mejorar los aprendizajes de los estudiantes en el ámbito de la ciencia, en este libro se optó por abordar otras dos instancias que, sin duda, están íntimamente relacionados con todos los aspectos mencionados anteriormente: mejorar la formación de profesores de ciencia y mejorar las estrategias de enseñanza que se desarrollan en las prácticas de los profesores de ciencia.

## **El Mejoramiento de la Educación Científica en Chile**

En los últimos 20 años, el organismo oficial encargado de dar las directrices de la educación en Chile, ha declarado su interés por lograr la alfabetización científica de todos los niños y niñas del país (e.g. MINEDUC, 2009). Para ello, se han realizado algunas iniciativas que apuntan a mejorar ciertos aspectos de la Educación Científica, por ejemplo: i) el desarrollo de cambios curriculares en

la dirección de actualizar los contenidos y dar una mayor importancia a la generación de habilidades de pensamiento científico; ii) el desarrollo de iniciativas extra curriculares para profesores y alumnos que buscan potenciar las habilidades de pensamiento científico (e.g. Explora-CONICYT, Mentas Activas, ECBI); iii) la creación de cursos de actualización para profesores dictados por las universidades; iv) la creación de becas para profesores para realizar estadias en el extranjero; v) la creación de estándares de enseñanza de las ciencias naturales para la formación de profesores básicos. Si bien estas iniciativas pueden ser consideradas como los primeros pasos para mejorar el nivel de alfabetización científica de nuestros estudiantes, a la luz de la evidencia recopilada en este libro, es fácil darse cuenta que el camino que queda por recorrer todavía es muy largo. Si queremos mejorar en forma significativa el nivel de alfabetización científica de nuestros estudiantes y que esto se refleje en mejores desempeños en pruebas internacionales como PISA y TIMMS, los cambios deben abordar otros aspectos propios del sistema educativo.

En este libro nos hemos enfocado en proponer sugerencias para mejorar la *formación* de profesores de ciencia y mejorar las prácticas que ellos realizan *a diario* en cada una de las escuelas y colegios de Chile. En este sentido, con el objeto de mostrar aspectos no previstos por el ajuste curricular chileno y la política que lo sustenta, analizaremos a continuación uno de los objetivos fundamentales del nuevo eje de “habilidades de pensamiento científico” del sector de Ciencias Naturales. Consideremos, por ejemplo, el siguiente Objetivo Fundamental correspondiente al octavo año básico: **“Comprender que el conocimiento acumulado por la ciencia es provisorio, y que está sujeto a cambios a partir de la obtención de nueva evidencia”**. (Mineduc, 2009). ¿Cómo puede un profesor de educación general básica (aunque a veces este nivel puede estar a cargo de un profesor de ciencias de enseñanza media), con o sin mención en enseñanza de las ciencias lograr dicho objetivo?

En primer lugar, técnicamente, el objetivo así planteado es controversial, ya que varios autores han señalado (véase por ejemplo Lederman y Lederman cap. 5), que el conocimiento científico cambia

no sólo por la obtención de nueva evidencia, sino también *porque la evidencia actual puede ser reinterpretada por los científicos*, ya que el conocimiento científico además es subjetivo y está influido por la creatividad y la historia personal de cada investigador (American Association for the Advancement of Science [AAAS] 1990; Nacional Research Council [NRC] 1996; Osborne *et al*, 2003; Lederman, 2007; Lederman y Lederman, cap. 5). Por otra parte, ¿en qué sentido el conocimiento científico se *acumula*? ¿Progresla ciencia en virtud de la cantidad de conocimiento producido?

Las preguntas anteriores revelan el carácter eminentemente epistemológico del objetivo en cuestión; es decir, se refiere a las características del conocimiento científico y su validez, lo que en la literatura internacional sobre enseñanza de la ciencia se identifica como *naturaleza de la ciencia* (NOS). La importancia de enseñar en forma explícita la naturaleza de la ciencia, está presente en distintas reformas curriculares recientes de países como USA, Reino Unido, Australia, Canadá, Sud África (Lederman, 2007), por lo cual la intencionalidad de cambio curricular en Chile iría por el camino correcto. Sin embargo, en todas estas reformas, la enseñanza explícita de NOS y de Indagación Científica (IC) se han incorporado como objetivos y contenidos separados, a diferencia del currículo chileno donde ambos aspectos se mezclan en el eje de “habilidades de pensamiento científico”. Si la enseñanza de las características del conocimiento científico y de la indagación científica ha de ser explícita, entonces el currículo así debería presentarlo, facilitando no solo la enseñanza a los estudiantes, sino también la formación de los docentes.

En segundo lugar, Lederman y Lederman (cap. 5), han mostrado claramente que tanto los significados de IC como de NOS, en general no son conocidos por los profesores, ni por los estudiantes y cómo enseñar estos aspectos es un tema aun más desconocido por los profesores de ciencia (véase además Lederman 2007). En consecuencia, el logro del objetivo en cuestión estará supeditado al dominio del docente sobre la epistemología de la ciencia, tema prácticamente desconocido para la mayoría de los profesores de ciencia en Chile, de acuerdo al análisis de los planes de formación actuales para profesores tanto básicos como de enseñanza media

(Cofré y Vergara, cap. 10). Además, existen evidencias de que los profesores que logran manejar y enseñar mejor los aspectos de NOS, son aquellos que tienen un conocimiento más completo de los contenidos científicos (Lederman, 2007). ¿Cuántos profesores chilenos de educación general básica, con mención o no en enseñanza de la ciencia, satisfacen este requisito? Por otra parte, la literatura actualizada señala que para *enseñar* efectivamente las características del conocimiento científico, se requiere hacer explícito ese contenido (Lederman 2007). Por otro lado, los estudios sobre enseñanza de NOS también señalan que este tipo de tema, no se puede aprender sólo realizando trabajos de indagación guiados por científicos (Bell *et al.*, 2003) y que su incorporación por parte de los alumnos requiere de varios años (Lederman y Lederman cap. 5). Por lo tanto, es probable que ni siquiera un trabajo extra-curricular de indagación guiado por un científico en colaboración con profesores de aula (e.g. Explora-CONICYT, ECBI) sea suficiente para tener buenos resultados en la enseñanza de NOS, si es que no se hace en forma permanente y por largo plazo.

¿Qué se podría hacer entonces para poder enseñar exitosamente este objetivo? En otros países, la formación continua de los profesores de ciencias es la mejor vía para entregar a los docentes las herramientas necesarias para que afronten los cambios en el currículo de ciencias. Existen evidencias que las reformas curriculares en ciencias no se materializan hasta que se trabaja en forma explícita con los profesores a cargo de llevarlas a cabo (Fernández y Tuset 2008). ¿Qué esfuerzo se está realizando en nuestro país para evaluar cómo se están enfrentando al ajuste curricular los profesores de ciencia? Preocupa en este sentido, que el único antecedente de la calidad de las prácticas docentes en ciencia sea la evaluación docente, ya que, por ejemplo, sólo el 2,2% de los profesores evaluados por la evaluación docente en 2009 son profesores de biología, química y física. En el segundo ciclo corresponden al 12% del total de evaluados. (para más información visitar: <http://www.docentemas.cl>).

En esta obra hemos tocado varios aspectos relacionados con NOS y con IC (Krüger y Upmeier zu Belzen cap. 2; Lederman y Lederman, cap. 5; Braund cap. 6) que pueden ser un aporte para los

profesores encargados de enseñarlos. Por ejemplo, hemos visto que la argumentación y el pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias tiene la ventaja de promover la comprensión de aspectos relacionados con la generación del conocimiento científico (NOS) (Braund cap. 6). Este es un ámbito fundamental que debería ser considerado en el diseño de los cursos de formación continua para profesores de ciencia, tanto de enseñanza básica como de enseñanza media.

Por otra parte, es conveniente reflexionar sobre el siguiente tema: ¿Con que materiales cuenta el profesor o la profesora para abordar las temáticas del currículo relacionadas con la generación del conocimiento científico? ¿Están tocando este tema los textos escolares que hoy se distribuyen a los niños y niñas de todo el país? En este sentido, es imprescindible evaluar si los textos escolares son coherentes con el enfoque epistemológico declarado en el currículo. Los textos escolares en Chile son una de las principales fuentes de información sobre ciencia y uno de los principales apoyos didácticos utilizados por los profesores, en cuanto al manejo de los contenidos, no así en las orientaciones didácticas.

Finalmente, a mediano y largo plazo, el mejoramiento de la formación de profesores de ciencia (tanto de enseñanza media, como profesores básicos encargados del subsector de Ciencias Naturales), sería un paso fructífero para poder cumplir con los objetivos relacionados con NOS y IC incluidos en el marco curricular vigente. Este aspecto se debería revisar porque, como hemos evidenciado en el capítulo 10 (véase además Cofré *et al* en prensa), el currículo actual de formación de profesores de ciencias carece de cursos relacionados con la historia y la naturaleza de la ciencia y con la indagación científica; escenario que se agrava en la formación de profesores básicos (Cofré *et al* en prensa). En este sentido, la elaboración de estándares de Ciencias Naturales para profesores de educación básica, que incorporan la temática de NOS y de IC, es uno de los pasos más lúcidos de la autoridad para lograr la alfabetización científica de nuestros estudiantes. No obstante, hemos repetido varias veces en este libro, que el mejoramiento de las capacidades de los profesores de ciencia, no resolverá por sí solo el problema, si no se cambian las condiciones donde ellos

deben realizar sus prácticas (exceso de horas de clase frente a curso, pocas instancias para el trabajo colaborativo entre colegas de la misma área, poco apoyo de las autoridades administrativas para el perfeccionamiento y la actualización, entre otros).

La aplicación de los principios aprendidos de ciencia es lo que distingue a este enfoque curricular de los anteriores. Pero la posibilidad de aplicarlos correctamente requiere de comprender cuál es la dimensión de tales principios. ¿De qué sirve que los estudiantes comprendan la magnitud del problema del calentamiento global, si no se comprenden las causas del conflicto generado por el uso de las mismas evidencias científicas? ¿De qué sirve que los alumnos comprendan las implicancias del uso de células troncales embrionarias, si no entienden cómo pueden coexistir dos o más definiciones de vida humana desde la concepción? ¿Cuáles son las posibilidades de aplicar conocimientos científicos en el contexto personal y social si los principios aprendidos sobre ciencia están tergiversados y no tienen posibilidades de modificarse hacia escenarios más reales?

## Conclusiones y Futuras Direcciones

El análisis anterior revela que el objetivo de la alfabetización científica de las niñas y los niños chilenos es todavía una empresa lejana. Esto porque, si bien algunas de las iniciativas que han sido promovidas desde el nivel central van orientadas en el sentido adecuado, al incorporar elementos de Indagación Científica y de la Naturaleza de la Ciencia en el currículo escolar y en los estándares para la formación docente (*escala macro*), aun persiste una falencia significativa en el modo en que dichos lineamientos alcanzan (alcanzarán) la práctica cotidiana de los docentes en ejercicio (*escala micro*). A la luz de lo discutido en este libro, si no se promueven medidas concretas que ayuden a apropiarse de esta nueva visión sobre la enseñanza de las ciencias a los profesores de ciencias de los distintos niveles, podemos predecir que la propuesta será infructuosa. Es nuestra intención que la publicación de este libro sea un aporte para lograr el nexo entre la decisión global y la acción local, de manera que los profesores y los forma-

dores de profesores de ciencia encuentren en él una herramienta para enfrentar el gran desafío de la alfabetización científica de todos nuestros niños y niñas.

A continuación, quisiéramos enfatizar algunas de las áreas más sensibles que deberían comenzar a trabajarse en un futuro cercano por parte de las autoridades (MINEDUC) y las diferentes organizaciones (Universidades, municipalidades, colegios particulares entre otros) encargadas de la enseñanza de las ciencias en Chile:

**1° En el futuro inmediato se debería promover el desarrollo de la investigación en la enseñanza de las ciencias.** En diferentes capítulos hemos visto que un aspecto crucial para mejorar la enseñanza de las ciencias es la asignación de fondos para investigación en el área, la formación de profesores con un perfil de investigadores y expertos en la didáctica y la existencia de académicos expertos en el área formando a los futuros profesores de Ciencia. Algunas formas concretas de realizar esta promoción serían por ejemplo:

i) crear un fondo de becas especiales para que académicos que demuestren capacidad de realizar investigación puedan obtener su doctorado en enseñanza de las ciencias en países donde existe gran desarrollo de este tema como Inglaterra, Estados Unidos, Australia, Canadá, entre otros. Estos fondos podrían ser aplicables directamente desde gobierno (e.g. Mineduc, Mideplan) o podrían ser asignados indirectamente a las universidades que propicien la formación de sus académicos en esta área, por ejemplo, en un aporte compartido. Para facilitar este proceso se podría promover la firma de convenios con diferentes universidades del mundo donde se realice investigación en enseñanza de las ciencias;

ii) crear un fondo especial dentro de FONDECYT para proyectos que tengan DIRECTA relación con el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias en Chile. En esta obra hemos revisado muchas posibilidades de investigación en aspectos relacionados con la enseñanza y la didáctica de las ciencias que deberíamos comenzar a explorar, por ejemplo: las creencias de profesores y estudiantes sobre el conocimiento científico, el cambio conceptual de profesores y estudiantes sobre el conocimiento científico y la indaga-

ción científica, la efectividad de las actividades de laboratorio en la enseñanza de las ciencias, la enseñanza de las ciencias para la diversidad, la enseñanza y el aprendizaje en contextos no formales (e.g. museos, zoológicos, empresas), entre otros; y

iii) crear un fondo especial para la apertura de programas nacionales de formación doctoral en la enseñanza de las ciencias (e.g. Mecesus).

**2° En el mediano plazo se debería promover el cambio de los planes de estudios de las carreras de pedagogía en Ciencias, tanto en enseñanza básica, como en enseñanza media, hacia un mayor énfasis en la experiencia práctica y la didáctica de las ciencias.** Como hemos visto también en varios de los capítulos de esta obra, un aspecto fundamental para mejorar la enseñanza de las ciencias en nuestros colegios y escuelas es tener profesores más competentes en el como enseñar y como generar aprendizajes, lo cual se puede lograr entre el diálogo de los aspectos teóricos (didáctica) con la solución de problemas de enseñanza aprendizaje reales (práctica). Este cambio ya se ha comenzado a promover indirectamente a través de la generación de estándares para la formación de profesores básicos y prontamente para la formación de profesores de ciencia de enseñanza media. Sin embargo, debería haber un apoyo explícito de la autoridad y abrir fondos concursables para que las universidades con los mejores proyectos puedan realizar los cambios en los planes de estudios necesarios para cumplir con el desarrollo de las competencias asociadas a los nuevos estándares, por ejemplo a través de proyectos Mecesus.

**3° En el mediano plazo se debería promover la creación de una red de centros de capacitación o formación continua en la enseñanza de las ciencias con aportes del Estado, las universidades y la empresa privada.** Como hemos visto en la sección anterior, al analizar parte del currículo de ciencias recientemente ajustado, es absolutamente necesario que los profesores de ciencia, tanto de enseñanza básica como media, sean capacitados en diferentes aspectos de la enseñanza de las ciencias. En esta obra hemos visto que temas como: la argumentación, el trabajo práctico efectivo, la enseñanza explícita de NOS y de IC, entre otros,

son aspectos esenciales que pueden mejorar los aprendizajes de los estudiantes y que la mayoría de los profesores en ejercicio desconocen. La creación de centros de formación en diferentes regiones del país, asociados a universidades que estén realizando investigación en enseñanza de las ciencias y tengan programas de formación de profesores de ciencia, debería servir para actualizar y capacitar constantemente a los profesores sobre como dar vida en la sala de clases al currículo actual de ciencias. Estos centros deberían funcionar todo el año y realizar capacitaciones de menor extensión en el tiempo de las que existen hoy en día (e.g. postítulos, actualizaciones), pero en las cuales los profesores estén absolutamente involucrados y realmente apoyados por los establecimientos educacionales en los que ellos trabajan. Si es necesario, los cursos de capacitación deberían incluir el pago de un profesor suplente por parte del establecimiento del profesor que atiende al curso de capacitación.

Esperamos que estas sugerencias y cada uno de los capítulos presentados en esta obra, sean un aporte concreto al mejoramiento de la enseñanza de las ciencias en las salas de clase de todo Chile, especialmente en aquellas de los sectores más vulnerables de la sociedad.

## Referencias

- American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Barber, M & M. Mourshed (2007). How the World's Best-Performing School Come Out On Top. McKinsey & Company, Social Sector Office. Obtenido de: [http://www.mckinsey.com/clientservice/socialsector/resources/pdf/Worlds\\_School\\_Systems\\_Final.pdf](http://www.mckinsey.com/clientservice/socialsector/resources/pdf/Worlds_School_Systems_Final.pdf)
- Bell, R.L., Blair, L., Crawford, B., & Lederman, N.G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40: 487-509.
- Braund, M (en prensa). Capítulo 6. Pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias En: Cofré H. (ed.). Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.

- Camacho, J. J. Jiménez, A. Galaz & D. Santibáñez (en prensa) Capítulo 1. La formación de profesores de ciencia en el mundo: una revisión. En: Cofré H. (ed.). Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.
- Cofré, H. (2009). *Informe de visita a centros de excelencia en la Enseñanza de las Ciencias en Europa*. Documento interno presentado a la Dirección de Postgrado DIPOS. Santiago. Universidad Católica Silva Henríquez.
- Cofré, H. & Vergara, C. (en prensa). Capítulo 10. La Formación de Profesores de Ciencias en Chile: desarrollo, estado actual y futuros desafíos. En: Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.
- Cofré, H., J. Camacho, A., Galaz, J. Jiménez, D. Santibáñez y C., Vergara (en prensa) La educación Científica en Chile: debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Revista Estudios Pedagógicos* 26:000-000
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Fernández, M. T. y A. M. Tuset (2008) Calidad y equidad de las prácticas educativas de maestros de primaria mexicanos en sus clases de ciencias naturales *REICE* 6:156-171.
- Flick, L. B. y N. G. Lederman (2004). (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Krüger, D. y A. Upmeier zu Belzen (en prensa), Capítulo. 2. Como enseñar la didáctica de la biología exitosamente. En: Cofré H. (ed.). Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En: S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lederman, J. y N. Lederman (en prensa). Capítulo 5. El desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido para la naturaleza de la ciencia y la indagación científica En: Cofré H. (ed.). Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

- Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77: 7–18.
- Millar, R. (en prensa) Capítulo 7. Desarrollo y evaluación de actividades prácticas para la enseñanza de las ciencias. En: Cofré H. (ed.). *Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile*. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.
- Millar, R. & Osborne, J. (Eds.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. (London: King's College, School of Education).
- Ministerio de Educación (2009) Fundamentos del Ajuste curricular del sector de Ciencias Naturales.
- OCDE (2000) *Education at a Glance*, OECD, Paris.
- OCDE (2006). PISAT M 2006 Science Competencies for Tomorrow's World Volume 1 – Analysis.
- Osborne, J., S. Collins, M. Ratcliffe, R. Millar, y R. Duschl (2003). What “Ideas-about-Science” Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of research of science teaching* 40: 692–720.

## Sobre los autores

**Martin Richard Braun** es licenciado en geología y zoología por la Universidad de Exeter y magister en Educación Científica de la Universidad de Leeds. Posee una amplia experiencia en formación de profesores de ciencia, desempeñándose como profesor de educación científica en pregrado y postgrado, y como tutor de estudiantes en práctica, por más de 10 años en el Programa de Certificación de Educación Científica del Departamento de Estudios en Educación, de la Universidad de York. Posee una reconocida trayectoria como investigador de la formación de profesores de ciencia, lo que se refleja en el desarrollo de múltiples proyectos para el gobierno de U.K., relacionados a la capacitación y actualización de profesores en ejercicio. Posee además, una fructífera y diversa actividad de investigación y desarrollo vinculada con temas relacionados a la didáctica de las ciencias, la educación científica fuera del aula, la formación de profesores de ciencia y el currículo científico, lo que se refleja en más de 50 publicaciones, las que incluyen libros, capítulos de libros y artículos en revistas de corriente principal. Finalmente, se ha desempeñado como asesor del ministerio de educación del Reino Unido en temas de formación de profesores de ciencia y en la relación entre la enseñanza de las ciencias en educación primaria y secundaria.

**Johanna P. Camacho González** es Licenciada en Química y Magíster en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, Colombia. Doctora en Ciencias de la Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Académica Adjunta de la Universidad Católica Silva Henríquez. Con varias publicaciones internacionales en el campo de la Didáctica de las Ciencias, en particular con la Formación de profesores de química y la promoción de competencias científicas a través de la Historia

de la Ciencia. Ha participado en más de 20 congresos internacionales y nacionales relacionado con el campo de la Educación Científica. En los últimos años ha desarrollado propuestas de investigación e innovación en el aula relacionadas con la enseñanza de las temáticas de Calor y Temperatura; Ley Periódica; Electroquímica y la importancia de las mujeres científicas en el desarrollo de las ciencias experimentales, para la enseñanza de la química en la educación media.

**Hernán L. Cofré Mardones** es biólogo y Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Católica de Chile. Ha trabajado 10 años como ecólogo, siendo su principal preocupación el estudio de la biodiversidad de aves y mamíferos de Chile, lo cual se ha reflejado en más de 25 presentaciones a congresos nacionales e internacionales y cerca de 20 publicaciones en libros y revistas nacionales e internacionales. En los últimos años ha dedicado parte de su actividad de investigación al estudio de la formación de profesores y la enseñanza de las ciencias en Chile, quehacer que ha comenzado a plasmar, a partir del año 2008, en publicaciones a nivel nacional y presentaciones a congresos internacionales. En la actualidad se desempeña como profesor adjunto en la Universidad Católica Silva Henríquez, donde realiza docencia de pregrado en cursos relacionados con Ecología y Metodología de la Investigación.

**Helmut Fischler** es profesor de Física y Dr. en Educación Científica. Posee una larga y destacada trayectoria académica en la investigación de las concepciones de los profesores de ciencia y la formación de profesores de ciencia, habiendo publicado más de 180 artículos en revistas nacionales e internacionales. Su experiencia profesional reciente muestra una activa participación en la definición de competencias para la formación de profesores de ciencia en Alemania y para la evaluación de competencias relacionadas con los conocimientos en física de estudiantes secundarios. En la actualidad se desempeña como académico de la Universidad Libre de Berin, Alemania.

**Alberto Galaz** es Profesor de Historia y Geografía de la Universidad Católica Silva Henríquez, Doctor en Ciencias de la Educación por la Pontificia Universidad Católica de Chile y Doctor en

Educación por la Université de Rouen, Francia. Es autor de 14 publicaciones que han tenido por eje central la formación y el desarrollo profesional de profesores secundarios y ha participado en Congresos a nivel nacional e internacional bajo la modalidad de expositor e integrante de sus comités científicos. Actualmente es miembro del Grupo de Desarrollo Profesional Docente de la Universidad Católica Silva Henríquez donde imparte cursos relacionados con currículo e identidad profesional.

**Javier E. Jiménez C.** es Licenciado en Física de la Pontificia Universidad Católica de Chile y candidato a Magister en Filosofía de la Ciencia por la Universidad de Santiago de Chile. Durante cinco años se desempeñó como profesor de física en enseñanza media y hoy dicta cursos de pregrado en la Universidad Católica Silva Henríquez. Trabaja como asesor experto en el Programa de Asignación de Excelencia Pedagógica (AEP), en el centro de medición de la P. Universidad Católica de Chile y en el desarrollo de las pruebas de conocimiento de los subsectores Comprensión de la Naturaleza y Física. Es autor del texto escolar de física para el tercer nivel de enseñanza media que el Ministerio de Educación de Chile publicó en 2009. Sus áreas de interés en investigación son la racionalidad del conocimiento científico y la filosofía de la mente, en especial la naturaleza de los conceptos.

**Dirk Krüger** es profesores de Biología y Matemática y Dr. en Biología de la Universidad de Hanover. Con una basta experiencia en temas de indagación científica y didáctica de las ciencias, tiene más de 50 publicaciones y presentaciones a congreso que se relacionan con estos temas las que incluyen libros, capítulos de libros, artículos en revistas nacionales e internacionales. En la actualidad se desempeña como director del Instituto de Biología de la Universidad Libre de Berlín, Alemania, donde realiza docencia de pregrado y postgrado en temas de didáctica de la biología.

**Judith S. Lederman** es licenciada en Biología por Rhode Island College, Master en Ciencias Naturales por Worcester Polytechnic Institute y PhD en Educación por Rhode Island College. Tiene más de 20 años de experiencia en formación de profesores de ciencia, desempeñándose como profesora de educación científica en pre-

grado y postgrado, y como directora del programa de Formación de Profesores de Ciencia en el Departamento de Educación Científica y Matemática del Instituto de Tecnología de Illinois. Posee una fructífera línea de investigación y desarrollo vinculada con temáticas relacionadas a la enseñanza de las ciencias y la indagación científica, tanto en educación primaria como secundaria, lo que se refleja en que ha escrito 10 capítulos de libros y sobre 600 presentaciones/artículos en congresos y revistas internacionales.

**Norman G. Lederman** es licenciado en Biología y profesor de Biología para la educación secundaria por la Universidad de Bradley, master en Biología por la Universidad de New York y PhD en Educación Científica por la Universidad de Syracuse. Posee una amplia experiencia en formación de profesores de ciencia, desempeñándose como profesor de educación científica en pregrado y postgrado, tanto en el departamento de educación científica y matemática del Instituto de Tecnología de Illinois (posición actual), como en la Universidad de Oregon, por más de 20 años. Posee una reconocida trayectoria como académico vinculado a la enseñanza de las ciencias, lo que se refleja en el reconocimiento de sus pares, habiendo sido presidente de prestigiosas sociedades como la “National Association for Research in Science Teaching” (NARST) y la “Association for the Education of Teachers in Science” (AETS), además de haber sido director de la “Teacher Education for the National Science Teachers Association” (NSTA). Posee una destacada línea de investigación y desarrollo vinculada con temáticas relacionadas a la enseñanza de las ciencias y el conocimiento que los profesores de ciencia deben tener de ella, lo que se refleja en que ha editado 4 libros, ha escrito 15 capítulos de libros, sobre 200 artículos en revistas internacionales con comité editorial y ha realizado cerca de 500 presentaciones en congresos y reuniones a través de todo el mundo.

**Robin Millar** es licenciado en Ciencias Naturales con mención en Física Teórica por la Universidad de Cambridge y PhD en Física médica de la Universidad de Edinburgh. Posee una amplia experiencia en formación de profesores de ciencia, desempeñándose como profesor de educación científica en pregrado y postgrado, y como tutor de estudiantes en práctica, por más de 10 años en

el Programa de Certificación de Educación Científica del Departamento de Estudios en Educación, de la Universidad de York. Posee una reconocida trayectoria como investigador en temas de currículo en ciencias, alfabetización científica y el papel del trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias, lo cual se refleja en más de 100 publicaciones y presentaciones a congresos a través de todo el mundo, las que incluyen libros, capítulos de libros y artículos en revistas de corriente principal. Se ha desempeñado como asesor del ministerio de educación del Reino Unido en temas de ciencia y currículo de enseñanza secundaria.

**David Santibáñez Gómez** es profesor de Biología y Ciencias Naturales por la Universidad Católica de Chile y magister (c) en Pedagogía por la Universidad Alberto Hurtado. Ha trabajado como especialista en el currículum nacional de ciencias, construyendo instrumentos de evaluación para la Unidad de Currículum y Evaluación del Ministerio de Educación, para la Sociedad de Instrucción Primaria, para MIDEUC a través de la prueba INICIA y para el programa de Asignación de Excelencia Pedagógica, donde forma parte del equipo asesor responsable de Standard Settings. Actualmente comparte su tiempo entre el cargo de Coordinador Académico del Colegio Carampangue y profesor adjunto de la Universidad Católica Silva Henríquez en cursos de pregrado relacionados con biología y didáctica de las ciencias.

**Annette Upmeier zu Belzen** es profesora de Biología de la Universidad de Humboldt, master por la Universidad de Kaiserslautern y Doctora en Educación Científica de la Universidad de Westfälische Wilhelms. Su principal línea de investigación es la didáctica de la biología, lo cual queda en evidencia en sus más de 50 presentaciones a congresos y publicaciones en revistas nacionales e internacionales. En la actualidad su quehacer se centra en el estudio de modelos en biología y el desarrollo de competencias de modelaje en profesores de biología. En la actualidad se desempeña como directora del Instituto de Biología de la Universidad de Humboldt, Alemania.

**Claudia A. Vergara Díaz**, es licenciada en biología, licenciada en educación, profesora de biología y ciencias naturales y Doctora en

Ciencias de la Educación por la Pontificia Universidad Católica de Chile. Ha dictado cursos de pregrado en la Universidad Católica de Chile, la Universidad Academia de Humanismo Cristiano y la Universidad Católica Silva Henríquez y cursos de postgrado en la Universidad Alberto Hurtado y la Universidad Católica Silva Henríquez. Ha realizado diversas publicaciones y presentaciones a congresos nacionales e internacionales donde el foco de su investigación ha estado en las prácticas de profesores, concepciones sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias y la formación continua de profesores de ciencia. En la actualidad se desempeña como coordinadora de la Carrera de Pedagogía Básica en la Universidad Católica Silva Henríquez y como investigadora asociada al Centro de Estudios de Políticas y Prácticas en Educación (CE-PPE).