

Formación integral docente en Ciencias Exactas y Naturales

JORGE NORBERTO CORNEJO

Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza (GDME).
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Argentina

1. Introducción

En el presente trabajo postulamos que la incorporación de contenidos provenientes de la historia, la cultura, el arte y la tecnología puede enriquecer la formación de los docentes que dictan materias pertenecientes a las Ciencias Exactas y Naturales y, como consecuencia de ello, el proceso de enseñanza-aprendizaje de los tópicos incluidos en tales disciplinas. La formación integral del docente se reflejará, naturalmente, en una enseñanza también integral, en la que los diferentes temas de cada asignatura serán contextualizados histórica y culturalmente, y relacionados con las necesidades y aspiraciones del ser humano en cada época.

Según Hernández González y Prieto Pérez (2000) uno de los inconvenientes principales que presenta en la actualidad el estudio formalizado de los saberes científicos proviene de su desconexión, que obliga al estudiante a tratar las distintas materias como si fueran unidades en sí mismas. El saber aparecería así desvertebrado y atomizado, sin otorgarle al alumno la oportunidad de entrever una visión de conjunto. De acuerdo con estos autores, la *disciplineidad*, se convertiría en un hábito deformado de entender la cultura y la realidad, carente de coherencia y sentido global. Esto se relaciona con una visión meramente operativa del saber científico, en la que se pretende que el alumno aprenda primariamente a operar y formular y sólo secundariamente a comprender. Las consecuencias inmediatas de tal pretensión generan en los estudiantes una carencia de flexibilidad y de profundidad reflexiva y una abundancia de mecanización cuyo resultado último es la pérdida del sentido verdadero del aprendizaje.

Por el contrario, la introducción de tópicos correspondientes a la historia y a la cultura en sentido amplio (incluyendo las producciones artísticas y tecnológicas) en la enseñanza de las disciplinas científicas puede favorecer el desarrollo de habilidades de razonamiento y de pensamiento crítico, así como contribuir a una mejor comprensión de los conceptos científicos (Matthews, 1994). Debería mostrarse que el conocimiento científico actual es el resultado de un largo proceso, en el que la construcción y contrastación de ideas y teorías es constante y se encuentra permanentemente afectada por factores de diversa índole: filosóficos, culturales, sociales, estéticos y tecnológicos, entre otros (Arriasecq y Greca, 2005). Desde esta perspectiva, cada conocimiento científico es la conclusión de un compleja trama de ideas y relaciones construidas en el curso de la historia, y la ciencia es una actividad inseparable de la obra completa de la humanidad. Las nociones de *interdisciplineidad* y *trabajo interdisciplinario* surgen así naturalmente como resultado de la formación integral del docente, y del proceso integral de enseñanza-aprendizaje resultante.

Speltini y otros (2006) han sugerido que el proceso de enseñanza-aprendizaje de materias científicas debería, hasta cierto punto, reproducir los tres contextos característicos de la actividad científica: el contexto de descubrimiento, el de justificación y el de aplicación, y que el trabajo áulico debería “situarse”, por así decirlo, en tales contextos. La aplicación de este tipo de propuestas, que propenden a una enseñanza menos “dispersa” y más unificada de los conceptos científicos requiere, correlativa y necesariamente, una correspondiente formación integral por parte de los docentes.

En síntesis, tanto en la enseñanza como en el aprendizaje, tanto en la formación del docente de ciencias como en la enseñanza misma de la ciencia, buscamos la construcción de un saber vertebrado, integrado, no-atomizado, que permita elaborar visiones de conjunto, reflejo de un intelecto activo y en constante evolución. La ciencia, entonces, deberá enseñarse y aprenderse no como un saber meramente operativo, sino como un todo racionalmente construido, inmerso en un contexto socio-histórico, tejido a partir de numerosas tramas interconectadas.

En este trabajo, deseamos presentar algunos ejemplos prácticos de aplicación referidos a esta formación integral del docente de Ciencias Exactas y Naturales. En el apartado N° 2 mostraremos cómo el arte puede ser una herramienta eficaz para la comprensión y aplicación de nociones científicas. En el N° 3 resaltaremos la importancia de la historia de la enseñanza de la ciencia para acceder a un entendimiento cabal de la forma en que se presentan los conceptos científicos, y cómo el libro de texto puede ser un auxiliar precioso en este tópico. El tercer ejemplo, en el apartado N° 4, mostrará cómo una formación integral en enseñanza de las ciencias implica necesariamente una correspondiente formación en tecnología. Por último, en el apartado N° 5, presentaremos algunas consideraciones finales.

2. La ciencia y el arte

¿Es necesario que los profesores de ciencias posean una formación artística, en el sentido de adquirir los rudimentos básicos de la historia del arte y de las teorías estéticas? ¿Tienen los conocimientos artísticos algún valor para la enseñanza de las ciencias? ¿Todavía podemos aprender algo de los sabios del Renacimiento?

La ciencia y el arte no son actividades antitéticas, como a veces se ha creído erróneamente. Basta examinar someramente los fundamentos físicos de la música y de la percepción musical para reconocer este hecho. Artistas como Brunelleschi, Piero della Francesca, Leonardo da Vinci o M.C. Escher han utilizado ampliamente la matemática en sus trabajos, y reflexionado explícitamente sobre el empleo de la misma (Anaya y Michelsen, 2005). Lo que proponemos aquí es la utilización explícita del arte y las producciones artísticas como un recurso para el logro de la formación integral que perseguimos.

En tal sentido, Cornejo *et al* (2006a y b) han propuesto una actividad para estudiantes de escuelas secundarias a través de la cual los mismos podrán, por un lado, acercarse a la belleza implícita en la lógica y el razonamiento matemático y, por otra, valorizar la matemática como una vía de acceso hacia las bellezas de la forma, el orden y la simetría. Sintéticamente, en este proyecto los estudiantes deben presentar una composición plástica (pictórica, fotográfica, escultórica, etc.) que refleje un concepto matemático, vinculado a temas tales como simetrías, el número de oro, etc., acompañadas por un lema simbólico y una descripción de los conceptos matemáticos involucrados. La actividad demostró ser enriquecedora tanto para

los alumnos como para sus profesores, y una excelente forma de motivación y de ilustración de conceptos matemáticos. Este proyecto fue realizado exitosamente en una escuela de nivel medio de la Ciudad de Buenos Aires, y permitió observar cómo arte y matemática se complementan, realimentan y enriquecen mutuamente.

Ahora bien, la realización de un proyecto como el mencionado requiere necesariamente algún tipo de formación artística en los docentes de matemática. Esta formación artística, y esta aplicación de ideas artísticas, por elementales que puedan ser, implican una redefinición de la matemática en cuanto disciplina.

En efecto, la definición de la matemática más acorde con el logro de una formación docente integral es aquella que la caracteriza como la *ciencia de los patrones* (o de los modelos), definición surgida de la teoría de los sistemas complejos (Paenza, 2005). Lo que hace un matemático es examinar patrones abstractos, es decir, buscar peculiaridades, cosas que se repitan, esquemas numéricos, de forma, de movimiento, etc. Estos patrones pueden emerger del mundo que nos rodea, de las profundidades del espacio y del tiempo o de los debates internos de la mente.

Uno de los problemas con que se enfrentan continuamente los educadores es el de motivar a los alumnos para estudiar matemática. La matemática parece una disciplina árida, separada de las bellezas que pueden encontrarse en el mundo natural y en las antípodas de aquello que definimos como arte. Sin embargo, utilizando la definición de la matemática como la búsqueda de patrones, creemos que esta ciencia puede revelar gran parte de la belleza que posee implícitamente y, además, servir de guía y vehículo para el descubrimiento de bellezas escondidas en los patrones, no siempre explícitos, presentes en la Naturaleza. Desde la física, en las obras de pensadores como Galileo, Dirac, Noether o Gell-Mann, se ha reconocido en numerosas oportunidades el valor de la matemática como herramienta para descubrir modelos y patrones subyacentes.

La búsqueda de patrones es, en última instancia, una búsqueda de *simetrías*, o bien, de *rupturas de simetrías* (Stewart y Golubitsky, 1995). Las simetrías son importantes tanto en la ciencia como en el arte. Como hecho histórico, por ejemplo, podemos mencionar que Pierre Curie obtuvo parte de su inspiración para tratar la simetría entre las ecuaciones del campo eléctrico y el campo magnético a partir de sus diarias observaciones sobre las simetrías y patrones de orden visibles en plantas, animales y otros cuerpos naturales.

En síntesis, advertimos la siguiente sucesión de hechos:

- a) La enseñanza de la matemática puede volverse más rica y "amigable" al desarrollar proyectos en los que se la vincule con el arte.
- b) Pero esto requiere algún tipo de formación artística por parte de los docentes, que los capacite para detectar la presencia de esquemas y estructuras matemáticas en pinturas, esculturas, formas y diseños de plantas y animales, etc. Estos esquemas y estructuras son simetrías o rupturas de simetrías, y aparecen en el arte, en la matemática y en la ciencia natural.
- c) Esta formación artística se corresponde con la definición de la matemática que la caracteriza como la "ciencia de los modelos" o de los "patrones" subyacentes al mundo natural y a las estructuras elaboradas por la ciencia para comprender dicho mundo.

- d) Definir la matemática como la ciencia de los modelos la aproxima a otras disciplinas, tales como la física, y permite integrar en una visión unificada las búsquedas de la física y las de la matemática (Freudentahl, 1973).

Todo esto, entonces, se armoniza en una formación integrada en la que las diversas disciplinas se conjugan para la consecución del propósito deseado: el logro de una mejor calidad en la enseñanza de las ciencias.

Otro proyecto, desarrollado por el autor de este trabajo en una escuela de enseñanza media, tendiente a la vinculación de ciencia y arte, consistió en el empleo de obras pictóricas como ilustraciones de conceptos de física, específicamente de nociones de óptica. Este proyecto se enmarcó dentro de un conjunto de unidades del programa de 5° año del Bachillerato, que comprenden el estudio de la naturaleza de la luz. Los alumnos analizaron diversas obras de arte (Van Eyck, Seurat, Signat, Velázquez y otros) para ver cómo se aplicaron en las mismas los conceptos físicos correspondientes a las diversas teorías ópticas. Entre los temas considerados figuraron las propiedades lumínicas de la pintura al óleo, el modelo corpuscular de la luz y el puntillismo, el empleo erróneo de la formación de imágenes en los espejos en las obras de Velázquez, etc.

Por otra parte, así como la conjunción de la matemática y el arte implicó una re-definición de la primera, así la conjunción de la óptica y el arte pictórico significó re-valorizar esta rama de la física como el estudio de un fenómeno natural específico: la luz (lo que, dicho sea de paso, presenta analogías con los postulados artísticos del impresionismo). Es decir, se recuperó la noción de la óptica no como un conjunto de fórmulas y pasajes algebraicos, sino como el *estudio de la luz*.

La inclusión de ejemplos e ideas provenientes del campo del arte, entonces, produjo en ambos casos una re-significación de cada ciencia en sí misma, la matemática como la *ciencia de los modelos* y la óptica como la *ciencia de la luz*, re-significación que, en ambos casos, resultó altamente enriquecedora.

Otros proyectos, a desarrollarse en el futuro, tienden a la vinculación de la química con el arte, referidos, por ejemplo, al color y las propiedades químicas de los pigmentos, los compuestos utilizados en las pinturas y la buena o mala conservación de las mismas, etc.

¿Cuáles son los tópicos del arte cuyos rudimentos sería aconsejable que conociese un profesor de matemática, física o química? Entre muchos otros podemos mencionar los fundamentos de las estructuras arquitectónicas, la perspectiva, los cánones escultóricos, el modelado de las imágenes según las ideas renacentistas, la utilización de la luz por parte de los impresionistas, etc.

En cualquier caso, una formación integral del docente de Ciencias Exactas y Naturales implica que este "salga" de su disciplina y posea una formación básica en otros campos del saber. Esto favorecerá la comunicación con profesores y profesoras de otras asignaturas, tendiendo naturalmente hacia un trabajo interdisciplinario.

Creemos, finalmente, que Anaya y Michelsen (2005) han sintetizado gran parte de las ideas que estamos exponiendo aquí al escribir: *“Re-creating the Renaissance in a microcosmic way in the high school classroom is a possibility to the realization and appreciation of the underlying unity of the arts and sciences.”*

3. La historia de la ciencia en la enseñanza - el análisis histórico de libros de texto como recurso en la formación integral docente

Algunos investigadores sostienen que la verdadera aprehensión de los conceptos científicos descansa en el conocimiento de su génesis y evolución, conocimiento que reconoce lógicamente a la historia de la ciencia como su núcleo fundamental. Este enfoque histórico está estrechamente relacionado con la búsqueda de un saber vertebrado y unificado. Citando a Hernández González y Prieto Pérez (2000): *“Un enfoque historicista relativiza esta fragmentación y fuerza necesariamente la convivencia de la filosofía, la física, la matemática, la química o la biología”*.

Ahora bien, además de la historia de la ciencia propiamente dicha, existe una disciplina relacionada, que ha dado en llamarse la “historia de la *enseñanza* de la ciencia”, la cual estudia las modalidades, formas y características que la enseñanza de las disciplinas científicas ha adoptado a lo largo de las épocas. A su vez, dentro de la historia de la enseñanza de la ciencia, el estudio comparado de libros de texto desempeña un rol fundamental.

Los libros de texto, además de cumplir con su función específica, son documentos históricos, donde se reflejan la ciencia y la pedagogía de cada época junto a las vivencias experimentadas por cada autor en su particular contexto socio-histórico (Cornejo y López Arriazu, 2005; Cornejo, 2006). Esto siempre ha resultado evidente en los textos correspondientes a materias de Ciencias Sociales, pero después de los trabajos de Gvirtz y otros (2000) no puede discutirse que tal característica se aplica también a los de materias incluidas en las Ciencias Naturales. En diversos trabajos se han analizado los condicionamientos socio-políticos que históricamente han permeado los libros de texto de Ciencias Naturales, y que se revelan a través de los mismos (Gvirtz y otros, 2000), la evolución de los planteamientos didácticos manifiestos en los libros (Holbrow, 1999) y la presencia de posturas epistemológicas definidas en el contenido y la estructura de los textos (Cornejo, 2006).

Al respecto, podemos recordar que, entre las diversas definiciones que otorgó al vocablo “paradigma”, Kuhn (1962) incluyó la del libro de texto en su carácter “fundacional” de una disciplina particular. De acuerdo con los estudios mencionados, el libro de texto científico agrega a esa condición la de resultado y exponente de varios paradigmas de diversa naturaleza, que concurren a su formación en un momento histórico específico y determinado. Regresando a la idea del conocimiento como resultado de un proceso de construcción histórica, advertimos que tal proceso no es lineal ni secuencial, sino el resultado de la convergencia en un momento determinado de la historia humana de una variedad de ideas, pensamientos, tendencias, paradigmas, etc. La explicitación de tales paradigmas puede manifestarse útil como un elemento constitutivo de una formación docente integral, al revelar la complejidad y a la vez, la riqueza implícita en cada aspecto del conocimiento.

* La reconstrucción del Renacimiento de una manera microcósmica en la sala de clase secundaria, es una posibilidad para realizar y apreciar la unidad subyacente de las artes y de las ciencias. (Traducción del editor)

Tal como afirma Piñón (2005): *"La palabra constituye la herramienta por excelencia para la apropiación de destrezas y de conocimientos pero, y fundamentalmente, para la constitución de alteridades y de 'un lugar simbólico' que ilumina caminos inéditos en el desarrollo de los alumnos"*. A través del estudio de la palabra impresa en los textos y manuales escolares podremos comprender como éstos, a lo largo de la historia, ayudaron a construir diversos lugares simbólicos y a su vez, fueron modificados por ellos.

En línea con lo precedente, el autor del presente trabajo realizó una experiencia de formación docente en la Licenciatura en Enseñanza de la Física de la Universidad CAECE, en la que utilizó el análisis histórico de manuales escolares y libros de texto de física y otras disciplinas relacionadas como herramienta en la formación docente, revelándose como un instrumento útil en varios sentidos.

El estudio de los manuales para la enseñanza de determinadas disciplinas en las escuelas primarias y secundarias es un campo fecundo desde el que se están efectuando importantes aportes a la historia del currículo escolar. Junto a los planes de estudio, los programas, informes de inspección y cuadernos escolares, entre otras fuentes, los manuales escolares constituyen un objeto de especial interés para los estudiosos de la historia de las disciplinas escolares (Guereña y otros, 2005).

En el caso particular de los textos secundarios, la historia de las disciplinas escolares ha permitido además observar en una forma original la relación entre la sociedad y la escuela. Es evidente que el desarrollo científico y económico, la evolución de las costumbres, las opciones políticas, etc., impusieron a los sistemas escolares respuestas en cuanto al cuadro de las disciplinas del currículo. Sin embargo, cuando se habla de disciplinas escolares nos situamos ante un objeto de estudio más complejo, en el que no sólo debe pensarse en el impacto de la sociedad sobre la escuela, sino también en diversas formas mediante las cuales los saberes escolares influyeron sobre el propio desarrollo científico y sobre la sociedad en general (Guereña y otros, 2005).

La transposición didáctica de la ciencia académica al ámbito escolar, incluye variados aspectos tales como la selección social de los contenidos científicos que se enseñan en la escuela, el grado de actualización presentado por los mismos, la renovación metodológica y las innovaciones en la didáctica, así como las formas ideológicas y la relación del poder con los contenidos escolares.

El análisis de un libro de texto puede efectuarse, por lo tanto, desde distintas lecturas. Nosotros seleccionamos tres de ellas, y en el curso intentamos efectuar una integración de las mismas, a saber:

- a) *La historia de la ciencia*, tal y como se expresa en los manuales escolares. Por ejemplo, el estudio de textos de física de principios del siglo XX permitió a los docentes tomar contacto directo con la forma en que se utilizaban nociones tales como el "calórico" o el "éter", y advertir cómo se las empleaba como recursos de explicación científica.
- b) *La evolución de la didáctica*, observando los sucesivos cambios en la presentación de los temas (si a lo largo de la historia los manuales apuntaban a una enseñanza más centrada en lo concreto o en lo abstracto, el lugar otorgado a la matemática, el rol de la experimentación, etc.).
- c) *El libro de texto en cuanto tal*, cuya forma, impresión, y cualidades materiales en general se han modificado a lo largo de las épocas. Chartier (2005) denomina a estos aspectos del libro

el "paratexto", del que afirma que ubica al texto en un contexto de producción social e histórica y lo transforma en un objeto que forma parte de las redes de discusión sociales que circulan en una época determinada, con un modo específico de producción y difusión. Según este autor, un lector nunca se enfrenta a un texto abstracto, ideal, desprovisto de materialidad, sino que, por el contrario, maneja objetos cuyas modalidades gobiernan la lectura y dan las claves posibles de su propia interpretación. Tratándose de un manual escolar, esta materialidad cobra aspectos particulares y específicos, pues en el mismo "paratexto" podemos encontrar indicios sobre las formas de enseñanza en cada época.

El desarrollo de las clases consistió en el análisis histórico de los manuales que se utilizaron, fundamentalmente en la escuela media, para la enseñanza de determinados temas. En cada caso se tomaron libros representativos de diversos períodos, desde aproximadamente 1880, próximos a la constitución del sistema educativo argentino, hasta la actualidad.

El profesor efectuaba una clasificación temporal de los textos y resaltaba las diferencias entre los libros más antiguos y los actuales, ya sea desde lo específico de la disciplina, desde la didáctica o desde la forma misma de los textos. Se intentaba explicar estas diferencias a partir de la contextualización histórica, tanto desde la historia interna (los debates específicos de la comunidad científica) como desde la historia social o externa.

Los temas que se abordaron variaron en cada cuatrimestre, dependiendo de la formación y los intereses de cada grupo de alumnos en particular, pero en general comprendían algunos de los siguientes tópicos: la revolución científica en el sistema educativo argentino, la historia de la enseñanza de la mecánica, la historia de la enseñanza del atomismo, la evolución de la enseñanza sobre la naturaleza de la luz, etc. Todos los temas implicaron relevar y analizar textos de física de distintas épocas y autores.

Los principales resultados obtenidos en la experiencia demuestran el valor de la historia de la enseñanza de la ciencia para la formación docente, resultados que presentamos tomando como ejes las tres formas de analizar un libro de texto que mencionamos previamente.

- a) *Desde la historia de la ciencia.* El análisis de libros de texto se reveló como una herramienta útil para la contextualización histórica de los conceptos trabajados, resaltando la naturaleza evolutiva y progresiva de la actividad científica.
- b) *La evolución de la didáctica.* Los estudiantes manifestaron que resultó interesante tomar conciencia de los cambios efectuados en los modos de explicación a lo largo de las épocas.
- c) *Desde la valoración del libro de texto en cuanto tal.* El contacto con "el libro" y "la biblioteca", considerados respectivamente como una herramienta y un hábitat, concretos y simbólicos a la vez, y siempre fundamentales para el aprendizaje, fue resaltado por los alumnos como una experiencia de indudable valor.

En síntesis, consideramos que el análisis histórico de libros de texto puede constituir una valiosa herramienta para la formación docente en enseñanza de las ciencias. Creemos que profundizar en este tipo

de experiencias en distintos ámbitos de formación y práctica docente será enriquecedor para la comprensión y la enseñanza de la ciencia y de su historia.

4. El laboratorio en la enseñanza secundaria - el rol de la tecnología

En general, los trabajos de laboratorio efectuados a nivel escolar se desarrollan desde enfoques epistemológicos que omiten aportes del conocimiento actual sobre enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales. Entre las omisiones más importantes figuran los aspectos históricos, epistemológicos, tecnológicos o sociales de los temas encarados, y las ideas y valoraciones de los estudiantes sobre las actividades experimentales (Speltini y otros, 2006).

Los estudios vinculados al papel del trabajo de laboratorio en la enseñanza de las ciencias para distintos niveles de escolaridad, indican la conveniencia de modificar la orientación marcadamente procedimental y rutinaria de los mismos para recuperar su valor como una instancia fundamental del aprendizaje científico. Debe reconocerse que esta problemática no es nueva, puesto que ya fue planteada por el premio Nobel de Física Robert A. Millikan, a principios del siglo XX. Millikan abogaba por una enseñanza centrada en el laboratorio, pero en la que los trabajos prácticos sirviesen como un instrumento para la comprensión de los principios físicos y químicos y no como meros ejercicios de destreza manual. Millikan quería que sus estudiantes fueran "expertos en principios, no en manipulaciones", con lo que reconocía tácitamente el error de considerar la ciencia como una actividad puramente operativa.

En tal sentido, el desarrollo de trabajos de laboratorio que respondan al modelo "integrado" (e "integrador") que proponemos, implica una correlativa formación tecnológica por parte de los docentes. La necesidad de una alfabetización tecnológica del docente ha sido reconocida, entre otros, por Linn (2002). Nosotros creemos que tal formación es decisiva a la hora de aplicar un modelo de trabajo integrador en el laboratorio, y que deberá basarse en los siguientes puntos:

- a) Recuperar la visión de la tecnología como un recurso de investigación de la Naturaleza. El trabajo de laboratorio se vuelve rico y pleno cuando los estudiantes toman conciencia de que es un recinto en el que se estudian los misterios naturales en forma controlada, con la tecnología como instrumento. La tecnología, entonces, puede servir como una vía para acercar a los estudiantes a la Naturaleza y no, como se plantea algunas veces, para alejarlos de ella.
- b) Plantear una visión *sistémica* de la educación tecnológica. Se espera que los docentes conozcan las ideas subyacentes al diseño tecnológico, que comprendan las nociones básicas de la teoría de control y cómo éstas permiten explicar fenómenos físicos y sociales (Cajas, 2001), y que diferencien correctamente el conocimiento científico del conocimiento tecnológico (Speltini y otros, 2006). En tal sentido, sería interesante incluir algunas ideas básicas de ingeniería en la formación integral del docente de Ciencias Exactas y Naturales. Aunque nadie en la actualidad duda de que la ingeniería es uno de los pilares sobre los que descansa la sociedad contemporánea, no existen mayores conocimientos de ingeniería en la educación primaria y secundaria (Collins, 1973). La inclusión de tales conocimientos es, además de un

punto importante y necesario en la formación docente integral, prácticamente una necesidad social.

- c) En esta era informática y tecnológica, aunque parezca contradictorio, debemos recuperar e integrar las tecnologías “viejas”. A veces olvidamos que tecnología no es sólo un sofisticado sensor, sino también la palanca más elemental. Muchos dispositivos que ahora integran los museos escolares, en realidad, serían útiles instrumentos para probar principios físicos y químicos. En tal sentido, los docentes deberían capacitarse para volver a integrar en su acervo tecnológico las poleas, palancas, máquinas simples, etc., que en la actualidad parecen hallarse más o menos olvidadas. Al igual que la alfabetización comienza por las primeras letras y luego evoluciona hasta permitir al estudiante la comprensión de complicados textos, así la alfabetización tecnológica debe proceder de lo simple a lo complejo. Proponemos, por lo tanto, una capacitación tecnológica para los docentes que sea *gradual, progresiva y sistémica*.

La educación, por cierto, no puede permanecer ajena a las nuevas tecnologías, a la microelectrónica, a la informática, a la biotecnología. Pero estas nuevas tecnologías deben ayudarle a extender su apreciación por el valor del conocimiento y de la misma educación, y no sumergirla en un estéril relativismo. Así, debemos construir mentes dispuestas a la interrelación, a la universalidad y a la apertura. Desde una alfabetización tecnológica docente de tipo sistémico, asentada sobre conceptos generales provenientes de la ingeniería y del conocimiento tecnológico, avanzaremos hacia una enseñanza, en el laboratorio y en el aula, realmente integral en el área de Ciencias Exactas y Naturales.

5. Pensamientos finales

No es nuestra intención cuestionar los paradigmas de la posmodernidad ni debatir sobre la conocida afirmación relativa a la “crisis de los grandes relatos”, a la “era del vacío” o al “fin de las ideologías”. Pero sí creemos que el mejoramiento de la educación sólo podrá ser posible con la recuperación de los “grandes proyectos”. Grandes proyectos que devuelvan la ciencia al ámbito educativo, que articulen la escuela con la tecnología, que vuelvan a hermanar el mundo de la educación con el mundo del trabajo y de la producción; grandes proyectos que, en fin, recuperen el valor y el significado del conocimiento.

Estos proyectos deben tener como objetivo último, obviamente, al estudiante, pero por ello mismo deben comenzar con el docente. Pensamos en un docente de Ciencias Exactas y Naturales capaz de ilustrar sus explicaciones con ejemplos provenientes de otras ciencias, de otros campos del conocimiento, del arte o de la tecnología. Pensamos en un docente con una formación integral, consolidada, que vea en el logro del *saber* un objetivo válido y noble para las empresas humanas. Saber que no se opone, sino que se complementa y estimula la aplicación práctica del conocimiento. Por ello el docente deberá poder utilizar en sus clases tanto las aplicaciones de conceptos científicos presentes en el arte de Rafael o Miguel Ángel como la descripción del funcionamiento de la herramienta más simple, una pinza o una palanca, o de un complejo sistema informático.

Por supuesto que la responsabilidad y el esfuerzo no deben recaer íntegramente sobre los docentes. Las autoridades deben y pueden articular los medios necesarios para que estos proyectos se hagan realidad, y que los profesores/as participantes sean adecuadamente recompensados.

¿Qué labor más noble que construir proyectos centrados en *el saber*? Partiendo del amor por el saber, del amor por el conocimiento y la educación, elevar grandes proyectos en los que no falte lugar para los grandes ideales de progreso social e individual.

Bibliografía

- ANAYA, Marta y MICHELSEN, Claus (2005): "Relations between mathematics and other subjects of science or art", en *Proceedings of Topic Study Group 21 at ICME-10, The 10th International Congress on Mathematics Education*, Copenhagen, Dinamarca, editado por Marta Anaya y Claus Michelsen.
- ARRIASSECQ, Irene y GRECA, Ileana (2005): "Análisis de aspectos relevantes para el abordaje de la Teoría de la Relatividad Especial en los últimos años de la enseñanza media desde una perspectiva contextualizada histórica y epistemológicamente", *Revista de enseñanza de la Física*, Vol. 18, N.º 1, Rosario, Argentina, editada por la Asociación de Profesores de Física de Argentina (APFA), pp. 17-28.
- CAJAS, Fernando (2001): "Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico", *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 19, N.º 2, Barcelona, España, ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 243-254.
- CHARTIER, Roger (2005): Conferencia incluida en *Congreso de Promoción de la Lectura y el Libro*, Buenos Aires, Argentina, Fundación El Libro, OEI y Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.
- COLLINS, Angelo (1997): "National science education standards: looking backward and forward", *The Elementary School Journal*, Vol. 97, N.º 4, Chicago, USA, University of Chicago Press, pp. 299-313.
- CORNEJO, Jorge (2006): "La enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela argentina (1880-2000): un análisis desde los textos", *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, España, ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona, Vol. 24, N.º 3, pp. 357-370.
- CORNEJO Jorge y LÓPEZ ARRIAZU, Francisco (2005): "El libro de texto como documento histórico", en *Anuario 2005 de la Sociedad Argentina de Historia de la Educación*, Buenos Aires, Argentina, Editorial Prometeo.
- CORNEJO, Jorge; LOLEGGIO, Graciela y STRAHMAN, Mariel (2006a): "La matemática y el arte", en *Docentes que cuentan*, Buenos Aires, Argentina, Fundación Creer y Crecer.
- CORNEJO, Jorge; LOLEGGIO, Graciela y STRAHMAN, Mariel (2006b): "Acercarlos a la belleza de la matemática", *Novedades Educativas*, Vol. 18, N.º 192/193, Buenos Aires, Argentina, Noveduc, pp. 138-141.
- FREUDENTHAL, Hans (1973): *Mathematics as an Educational Task*, Dordrecht, Holanda, D.Reidel Publishing Company.
- GUEREÑA, José; OSSENBACH, Gabriela y DEL POZO, María del Mar (2005): *Manuales escolares en España, Portugal y América Latina (siglos XIX y XX)*, Madrid, España, UNED.
- GVIRTZ, Silvina; AISENSTEIN, Angela; BRAFMAN, Clara; CORNEJO, Jorge, LÓPEZ ARRIAZU, Francisco; RAJSCHMIR, Cinthia y VALERANI, Alejandra (2000): *El color de lo incoloro: miradas para pensar la enseñanza de las ciencias*, Buenos Aires, Argentina, Novedades Educativas.
- HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Miguel y PRIETO PÉREZ, José (2000): "Un currículo para el estudio de la historia de la ciencia en secundaria (la experiencia del seminario Orotava de historia de la ciencia)", *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 18, N.º 1, Barcelona, España, ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 105-112.
- HOLBROW, Charles (1999): "Archaeology of a bookstack: some major introductory physics texts of the last 150 years", *Physics Today*, marzo 1999, AIP Journals, New York, USA, pp. 50-56.
- KUHN, Thomas S. (1962, primera edición en español en 1971): *La estructura de las revoluciones científicas*, Ciudad de México, México, Fondo de Cultura Económica.

- LINN, Marcia (2002): "Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y comunicación (TIC)", *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 20, N.º 3, Barcelona, España, ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 347-355.
- MATTEWS, Michael (1994): "Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual", *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 12, N.º 2, Barcelona, España, ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 255-277.
- PAENZA, Adrián (2005): *Matemática, ¿estás ahí?*, Buenos Aires, Argentina, Siglo XXI Editores.
- PIÑÓN, Francisco (2005): Nota de presentación incluida en *Congreso de Promoción de la Lectura y el Libro*, Buenos Aires, Argentina, Fundación El Libro, OEI y Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, pp. 16-31.
- SPELTINI, Cristina; CORNEJO, Jorge e IGLESIAS, Ana Isabel (2006): "La epistemología de Reichenbach aplicada al desarrollo de trabajos prácticos contextualizados (TPC)", *Ciencia e Educação*, Vol. 12, N.º 1, San Pablo, Brasil, Escrituras Editora, pp. 1-12.
- STEWART, Ian y GOLUBITSKY, Martín (1995). *¿Es Dios un geómetra?*, Barcelona, España, Editorial Crítica.