



Formación Universitaria

E-ISSN: 0718-5006

citrevistas@gmail.com

Centro de Información Tecnológica

Chile

Cornejo, Jorge N.

La Historia, la Cultura y el Arte en la Formación Universitaria Integral del Docente de

Ciencias Exactas y Naturales

Formación Universitaria, vol. 1, núm. 1, 2008, pp. 37-46

Centro de Información Tecnológica

La Serena, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=373540862005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# La Historia, la Cultura y el Arte en la Formación Universitaria Integral del Docente de Ciencias Exactas y Naturales

**Jorge N. Cornejo**

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza (GDME), Paseo Colón 850, Ciudad Autónoma de Buenos Aires-Argentina  
(e-mail: jcornej@fi.uba.ar, mognitor1@yahoo.com.ar)

---

## Resumen

Se postula que la incorporación de contenidos provenientes de la historia, la cultura, el arte y la tecnología puede enriquecer la formación de los docentes universitarios de las Ciencias Exactas y Naturales. Se presentan tres propuestas: a) la inclusión de nociones artísticas en la educación científica, especialmente en matemática, b) el análisis histórico de libros de texto como recurso en una formación integral, y c) la necesidad de una formación tecnológica básica en los docentes universitarios de Ciencias Exactas y Naturales. Una de las principales conclusiones del estudio es que el mejoramiento de la educación y de la formación universitaria sólo podrá ser posible a través de proyectos que presenten un modelo de ciencia vertebrado, unificado, no-atomizado, que articulen la ciencia con la tecnología, esto es proyectos que recuperen el valor y el significado del conocimiento.

*Palabras clave: formación integral, contexto sociocultural, matemática visual, libros de texto, tecnología*

## History, Culture, and Art for the Integral Training of University Teachers of Exact and Natural Sciences

### Abstract

It is proposed that the inclusion of history, culture, art and technological topics could enrich the training of university teachers of the areas of Exact and Natural Sciences. Three proposals are presented and discussed: a) the inclusion of art concepts in scientific teaching, especially in mathematics, b) historical analysis of textbooks, as a resource for integral formation, and c) the necessity of a basic technological training for university teachers of Exact and Natural Sciences. One of the main conclusions of this study is that any improvement of university education and professional formation could be only possible through projects that incorporate a structured model of science, unified, not desegregated, that relate science and technology, that is projects that recuperate the value and meaning of knowledge.

*Keywords: integral training, integral teaching, socio-cultural context, university teachers*

**Nota:** Este trabajo es una adaptación del artículo "Formación integral docente en Ciencias Exactas y Naturales", J. Cornejo, *Revista Iberoamericana de Educación*, ISSN 1681-5653 (en línea), 43 (5), 2007.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se postula que la incorporación de contenidos provenientes de la historia, la cultura, el arte y la tecnología puede enriquecer la formación de los docentes universitarios que dictan materias pertenecientes a las Ciencias Exactas y Naturales y, como consecuencia de ello, los procesos de enseñanza y aprendizaje de los tópicos incluidos en tales disciplinas.

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. Esto se relaciona con una concepción 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. De acuerdo con Orozco (2000), un saber cualquiera que se transmite exclusivamente con carácter instrumental despoja al mismo de todo interés vital, es decir, de todo sentido humanístico. Y tal sentido no debería ser exclusivo de las disciplinas tradicionalmente conocidas como “humanidades”, sino que también debería impregnar la formación en las denominadas “ciencias duras”.

Por el contrario, la introducción de tópicos correspondientes a la historia y la cultura en sentido amplio 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 (Reis et al., 2001). 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).

Tanto en la enseñanza como en el aprendizaje, tanto en la formación del docente de ciencias como en la enseñanza misma de la ciencia, debe buscarse 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 (Khishfe y Lederman, 2006).

La incorporación de contenidos artísticos, culturales y tecnológicos en la enseñanza de las ciencias, y en la correlativa formación de los docentes, se presenta como una alternativa válida en todos los niveles de la enseñanza. En este artículo el interés principal estará colocado en la formación del docente universitario de Ciencias Exactas y Naturales, limitándose específicamente al mismo, si bien en algunos casos se tomarán como referencia experiencias realizadas en el marco de la escuela media, que sean enriquecedoras para la formación universitaria. Primero se mostrará cómo el arte puede ser una herramienta eficaz para la comprensión y aplicación de nociones científicas, principalmente conceptos de matemática. Seguidamente se resaltarán 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 análisis histórico de libros de texto puede ser un auxiliar precioso en este tópico. El tercer ejemplo mostrará cómo una formación integral en enseñanza de las ciencias implica necesariamente una correspondiente formación en tecnología. Por último, se plantearán algunas conclusiones y consideraciones finales.

## LA CIENCIA Y EL ARTE – LO VISUAL EN MATEMÁTICA

Según el matemático francés Le Lionnais (1962), la belleza da prueba de sí tanto en matemática como en las otras ciencias, en las artes, en la vida y en la Naturaleza. De acuerdo con Emmer

(2005), en la comunidad matemática se halla difundido un cierto interés por la relación de esta disciplina con la creación artística; por lo tanto, será posible centrar este estudio sobre la vinculación entre la ciencia y el arte en el campo de la matemática. La relación entre arte y matemática, entre matemática y estética, tiene una larga historia. Ha habido momentos, tales como el Renacimiento o el Novecento, en que tal relación se volvió más evidente y explícita, y otros en los que pareció debilitarse; sin embargo, de una forma u otra, entre la matemática y el arte siempre existieron vínculos y afinidades (Emmer, 2005). En la creación matemática están presentes las notas distintivas de todo proceso de creación artística: diseño, armonía y belleza. Una mirada hacia el desarrollo del sistema numérico, hacia los perfeccionamientos de los métodos de cálculo y de las formas matemáticas de razonamiento, demuestra que los matemáticos crean y que la composición de la obra matemática presenta paralelismos con la composición de la obra artística (Glas, 2002).

Para Adelman y Compton (1980), aunque la pintura y la matemática sean dos disciplinas muy diferentes, entre ellas han existido y existen numerosos puntos de contacto. Por lo tanto, las composiciones plásticas y pictóricas pueden servir de fundamento para la inclusión de nociones artísticas en la educación matemática.

En tal sentido, se han realizado algunas experiencias, si bien a nivel de escuela media y no de educación superior. Por ejemplo, Cornejo et al. (2006), han propuesto una actividad para estudiantes de escuelas secundarias, a través de la cual los mismos podrían, por un lado, acercarse a la belleza implícita en la lógica y el razonamiento matemático y, por otro, 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/o de ilustración de conceptos matemáticos. Este proyecto fue realizado en una escuela de nivel medio de la Ciudad de Buenos Aires, Argentina, y permitió observar cómo arte y matemática se complementan, realimentan y enriquecen mutuamente; sus detalles pueden consultarse en la referencia indicada.

La realización de un proyecto como el mencionado requiere necesariamente algún tipo de formación artística en los docentes de matemática. Por otra parte, la transferencia de este tipo de actividades de escuela media hacia la formación universitaria implica la necesaria transformación y adaptación de las mismas, principalmente en el sentido de dotarlas de mayor profundidad. En cualquier caso, la aplicación de ideas artísticas en la formación matemática promueve necesariamente una redefinición de la misma en cuanto disciplina. En efecto, la definición de la matemática más acorde con el logro de una formación 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. Desde la física, en las obras de pensadores como Galileo, Einstein, Dirac, Noether o Gell-Mann, se ha reconocido en numerosas oportunidades el valor de la matemática como herramienta para descubrir modelos, patrones y simetrías subyacentes.

La inclusión de contenidos artísticos en la formación universitaria del docente de ciencias, específicamente del docente de matemática, nos remite naturalmente a la consideración de los aspectos visuales de esta disciplina, que alcanzan su mayor expresión en la aplicación de la computadora a la enseñanza e investigación matemática. Esto ha producido el desarrollo de un sector específico de la matemática conocido como *visual mathematics*, junto a un interés renovado tanto de matemáticos como de artistas por los aspectos estéticos de esta disciplina.

El instrumento principal de este nuevo modo de hacer matemática, que no ha venido a suplantar, sino a complementar, el método que podría denominarse tradicional, es el *computer graphics* o grafismo electrónico, particularmente útil para hacerse una idea de problemas aún abiertos, sin resolver, en la investigación matemática. Esta utilización gráfica por parte de los matemáticos ha desarrollado mucho su capacidad creativa en lo que se refiere a las imágenes (Emmer, 2005). El grafismo electrónico, fundamental en la teoría de fractales (Mandelbrot, 1989), ha sido calificado por Peitgen y Richter (1986), como un posible lenguaje unificador entre el arte y la ciencia. Para los autores mencionados la ciencia y el arte son dos modos complementarios de relacionarse con la realidad natural, analítico el primero, intuitivo el segundo, y que, en lugar de constituir dos formas de comprensión y expresión irreconciliables, están estrechamente vinculadas. Según Emmer (2005), esta colaboración entre arte y ciencia ha resultado fructífera para ambos sectores. El valor de los aspectos visuales de la matemática, ya no en la investigación, sino en la enseñanza, ha sido resaltado, entre otros, por Arcavi (2003). Figueiras y Deulopeu (2005), han hecho lo propio, relacionando la utilización de recursos visuales con la contextualización histórica en la presentación de los temas, junto a la inclusión de referencias culturales y sociológicas.

Otro proyecto desarrollado por el autor de este trabajo tanto en escuelas de enseñanza media como en la educación universitaria, 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. 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, entre otros.

Así como la conjunción de la matemática y el arte implicó una redefinición de la primera, así la conjunción de la óptica y el arte pictórico significó revalorizar 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 resignificación de cada ciencia en sí misma, la matemática como la *ciencia de los modelos* y la óptica como la *ciencia de la luz*, resignificación que, en las dos situaciones mencionadas, resultó altamente esclarecedora.

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.

En cualquier caso, una formación integral del docente universitario de Ciencias Exactas y Naturales implica que éste “salga” de su disciplina y posea una formación básica en otros campos del saber. Esto favorecerá la comunicación con profesionales de otros campos, tendiendo naturalmente hacia un trabajo interdisciplinario.

## EL ANÁLISIS HISTÓRICO DE LIBROS DE TEXTO

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 (Heilbron, 2002). Este enfoque histórico está estrechamente relacionado con la búsqueda de un saber vertebrado y unificado. De acuerdo con Hernández González y Prieto Pérez (2000), un enfoque historicista relativiza la fragmentación del conocimiento 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.

.Es evidente que el desarrollo científico, tecnológico y económico, los paradigmas filosóficos, las opciones políticas, etc., influyen sobre los sistemas educativos en cuanto al cuadro de las disciplinas del currículum, así como sobre la forma de enseñar tales disciplinas. El grado de influencia de los factores sociales y culturales sobre cada uno de los niveles del sistema educativo (primario, secundario y universitario), es un tema para futuras investigaciones. Si se hace referencia específicamente al ámbito universitario, lo cierto es que se trata de un objeto de estudio complejo, en el que no sólo debe pensarse en el impacto de la sociedad sobre la universidad, sino también en diversas formas mediante las cuales los saberes generados en la propia enseñanza universitaria influyeron sobre el desarrollo científico y sobre la sociedad en general (Galili y Tzeitlin, 2003)

Se trata, por lo tanto, de un fenómeno de doble circulación. Por una parte, la transposición didáctica de la ciencia académica al ámbito de la enseñanza incluye variados aspectos, tales como la selección social de los contenidos científicos que se enseñan, 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 a ser enseñados. Por otro, la misma ciencia es “realimentada” por el trabajo realizado en la enseñanza universitaria sobre tales contenidos.

Dentro de la historia de la enseñanza de la ciencia, el estudio comparado de libros de texto desempeña un rol fundamental. Tal estudio puede efectuarse desde distintas lecturas, entre ellas:

a) *la historia de la ciencia*, tal y como se expresa en los textos escritos. Por ejemplo, el estudio de libros de física de principios del siglo XX permite 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 textos 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 se han modificado a lo largo de las épocas. Estos aspectos del libro constituyen el “paratexto”, el que lo ubica en un contexto de producción social e histórico 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 (Chartier, 2000).

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 (Centro de Altos Estudios en Ciencias Exactas), 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 universitaria, revelándose como un instrumento útil en varios sentidos. El desarrollo de las clases consistió en el análisis histórico de los manuales que se utilizaron, para la enseñanza de determinados temas, tanto en la escuela media como en la enseñanza universitaria. De hecho, se encontró que, en las últimas décadas del siglo XIX y las primeras del siglo XX, existían varios textos que se utilizaban indistintamente en ambos niveles. 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. Como parte del curso, los estudiantes debían seleccionar algún tema de su interés, y efectuar un análisis histórico, centrado en los libros de texto, del mismo. Los detalles específicos de la experiencia pueden consultarse en Cornejo (2006).

Los principales resultados obtenidos en la experiencia demuestran el valor de la historia de la enseñanza de la ciencia para la formación universitaria, resultados que presentamos tomando como ejes las tres formas de analizar un libro de texto que mencionamos previamente. Estos resultados se obtuvieron a partir de una encuesta escrita, respondida por una total de 27 (veintisiete) estudiantes, el 100 % de los participantes en la experiencia, consistente en las tres preguntas siguientes:

a) *¿Considera que el análisis de libros de texto es una herramienta útil para la contextualización histórica de los conceptos?*

b) *¿Considera que el tomar conciencia de los cambios efectuados en los modos de explicación a lo largo de las épocas es un dato útil para la planificación de las clases de ciencias?*

c) *¿Considera que el contacto con “el libro” y “la biblioteca”, considerados respectivamente como una herramienta y un hábitat, concretos y simbólicos a la vez, ha resultado enriquecedor para usted durante la realización de esta experiencia?*

Las preguntas podían responderse en la graduación 1 a 5, desde 1 (sí, mucho) hasta 5 (no, en absoluto). En la Tabla N° 1 se presentan los resultados de la encuesta.

Tabla N° 1. Resultados de la encuesta sobre el valor didáctico del análisis histórico de libros de texto

Pregunta	1	2	3	4	5
a)	97%	3%	--	--	--
b)	78%	12.5%	9.5%	--	--
c)	67%	19.8%	10.2%	3%	

En síntesis, esta experiencia indica que el análisis histórico de libros de texto puede constituir una valiosa herramienta para la formación docente en enseñanza de las ciencias. 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.

## EL ROL DE LA TECNOLOGÍA EN LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA INTEGRAL

El conocimiento tecnológico y el conocimiento científico son, a la vez, campos interdependientes y autónomos. La ciencia explica y predice en tanto que la tecnología crea artefactos, y diseños relacionados con los mismos. El producto característico de la ciencia es un conocimiento de la naturaleza basado en una teoría del mundo material, mientras que el de la tecnología está constituido por productos materiales, los “artefactos” en sentido antropológico o el “hardware” en sentido ingenieril (Speltini y Cornejo, 2005). La relación entre la ciencia y la tecnología no es lineal ni responde a un orden jerárquico, y excluye definitivamente la noción de la tecnología como ciencia aplicada, reconociendo un importante grado de autonomía y especificidad al conocimiento estrictamente tecnológico.

Para Ciapusio (1999), el profesional y el docente de ciencias necesitan capacidad para construir proyectos interdisciplinarios integrados en torno a fenómenos reales y complejos, y la posibilidad de incorporar a su pensamiento el conocimiento tecnológico. Cajas (2001), afirma que la tecnología, como contenido curricular, está siendo introducida como parte de importantes reformas en la educación científica en varios países, y expone diversos ejemplos sobre aportes

que la tecnología puede ofrecer a la formación científica. En el mismo sentido se expresa Schecker (1998), manifestando que la tecnología puede servir a la integración del conocimiento y a la comprensión del proceso de modelización en física. Berlin y White (1998), consideran que la tecnología es, a la vez, una promesa y un desafío para integrar la enseñanza de la matemática con la de las ciencias experimentales. Según Hsu et al. (2001), mientras el proceso de investigación científica implica *preguntar, experimentar, predecir y comunicar*, el diseño tecnológico significa *proponer, construir, examinar y evaluar*, y que ambos esquemas de pensamiento y trabajo se enriquecen mutuamente.

El lugar natural de la tecnología en una educación científica integral es, evidentemente, el laboratorio de ciencias, y los trabajos que en él se realizan. El problema es que los trabajos de laboratorio efectuados en los cursos universitarios suelen desarrollarse 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 (Koponen y Mantila, 2006; Speltini et al., 2006).

En tal sentido, el desarrollo de trabajos de laboratorio que respondan al modelo “integrado” (e “integrador”), implica una correlativa formación tecnológica por parte de los docentes. La necesidad de tal alfabetización tecnológica ha sido reconocida, entre otros, por Linn (2002). Tal formación es decisiva a la hora de aplicar un modelo de trabajo integrador en el laboratorio, y 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 el laboratorio es un recinto en el que se estudian los misterios naturales en forma controlada, con la tecnología como instrumento. La tecnología 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 et al, 2006). Aunque nadie en la actualidad duda 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, 1997), y tampoco en la formación de profesionales universitarios en Ciencias Exactas y Naturales. La inclusión de tales conocimientos es, además de un punto importante y necesario en la formación docente integral, prácticamente una necesidad social.

c) Recuperar e integrar a la educación científica la historia de la tecnología, no con carácter meramente anecdótico, sino como un importante recurso didáctico. En tal sentido, los docentes de Ciencias Exactas y Naturales deberían capacitarse para volver a integrar a su acervo tecnológico las poleas, palancas, máquinas simples, etc., que en la actualidad parecen hallarse más o menos olvidadas, y avanzar progresivamente hacia el dominio de sistemas más sofisticados, tales como los sensores u otros instrumentos electrónicos. Se propone una capacitación tecnológica que sea *gradual, progresiva y sistémica*, avanzando de lo simple a lo complejo, integrada con la contextualización histórica de los temas a ser estudiados.

Speltini et al. (2006), incluyendo al autor de este trabajo, han desarrollado un modelo de Trabajos Prácticos Contextualizados (TPC), el que intenta reproducir el modelo epistemológico clásico de los contextos en que se desarrolla la actividad científica, en la forma en que se trabaja en los laboratorios universitarios de enseñanza. La tecnología se incluye como el elemento más destacado del contexto de aplicación, y juega también un rol importante en el contexto de descubrimiento y en el de justificación, bajo la forma de los artefactos empleados en los mismos. En tal propuesta, dirigida originalmente a estudiantes universitarios de Ingeniería, pero perfectamente adaptable a los trabajos en Ciencias Exactas y Naturales, se pide a los alumnos que:



- a) en el contexto de descubrimiento, analicen qué desarrollos tecnológicos contribuyeron hacia el hallazgo de los principios estudiados en cada práctica particular,
- b) en el contexto de justificación, al explicitar las hipótesis complementarias a la hipótesis principal, enuncien todas las hipótesis vinculadas al instrumental y los recursos tecnológicos utilizados,
- c) en el contexto de aplicación, busquen aplicaciones tecnológicas de los principios y leyes estudiadas, o propongan y presenten otras nuevas

Esta forma de trabajar pone de manifiesto cómo la tecnología está presente en todas las fases del trabajo científico, no sólo como aplicación de la ciencia, sino en una relación dialéctica de mutua influencia. La tecnología y el conocimiento tecnológico, por lo tanto, atraviesan toda la educación universitaria en Ciencias Exactas y Naturales, y se presentan como un elemento imprescindible para la consecución de un saber vertebrado y unificado.

## REFLEXIONES FINALES

La formación integral a la vez trasciende e incluye la formación profesional. Es un enfoque o forma de educar, que compromete la actividad universitaria en su totalidad, e involucra tanto a los estudiantes como a los docentes y a la institución en su conjunto. Brindar una formación integral en Ciencias Exactas y Naturales implica, por ejemplo, que la institución aporte los recursos necesarios para hacerla efectiva; en primer lugar facilitando a los docentes el acceso a las fuentes, el tiempo necesario para conseguirla y el reconocimiento académico correspondiente a su logro. En segundo lugar, incluyendo en el currículum los aspectos fundamentales que hacen a tal formación. Y, en tercer lugar, pero no con menor importancia, vinculándose con la sociedad para hacerle comprender la necesidad vital de la misma. La noción de una formación integral debe así estar presente en las tres fases de la vida universitaria: en la investigación, en la docencia y en la extensión.

La educación brindada por la universidad es integral en la medida en que enfoque a la persona del estudiante como una totalidad y que no lo considere exclusivamente en su capacidad para la labor técnica o profesional, la que, no obstante, de ninguna forma debe ser postergada. El ámbito de la formación integral es el de una práctica educativa centrada en la totalidad de la persona humana (Orozco, 2000). Para Albert Einstein, la preocupación por el hombre mismo y por su destino debe constituir el objetivo final de todos los esfuerzos educativos, y ello nunca debe perderse de vista, aún en medio de los diagramas y ecuaciones matemáticos (Livio, 2007).

El mejoramiento de la educación y de la formación universitaria sólo podrá ser posible a través de proyectos que presenten un modelo de ciencia vertebrado, unificado, no-atomizado, que articulen la ciencia con la tecnología, que propendan a la formación de profesionales interesados en los problemas sociales; proyectos que, en fin, recuperen el valor y el significado del conocimiento. En tal sentido, son interesantes las ideas del matemático italiano Ennio De Giorgi, expuestas por Emmer (2002). Para De Giorgi existe un origen común para todas las artes y ciencias: el amor por la sabiduría, siendo esta última la base común de la cual las diferentes disciplinas no son más que diversas facetas. Facetas que debemos distinguir porque el lenguaje humano necesita, para no ser ambiguo, fijar ciertas referencias locales, especializadas. Sin embargo, tales referencias especializadas no tienen que encerrarnos en una única disciplina, o incluso en una única rama de una disciplina, si no queremos esterilizar nuestra creatividad.

Los mencionados proyectos deben tener como objetivo último, obviamente, el estudiante universitario de Ciencias Exactas y Naturales, pero por ello mismo deben comenzar con el docente. Debe pensarse en un docente universitario 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. 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 con y estimula la aplicación práctica del conocimiento. Por ello,

el docente universitario de ciencias 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.

¿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.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de las reflexiones y propuestas expuestas, son: i) La formación integral trasciende e incluye la formación profesional; ii) el mejoramiento de la educación y de la formación universitaria sólo podrá ser posible a través de proyectos que presenten un modelo de ciencia vertebrado, unificado, no-atomizado, que articulen la ciencia con la tecnología; iii) el docente universitario de Ciencias Exactas y Naturales debe ser capaz de ilustrar sus explicaciones con ejemplos provenientes de otras ciencias, de otros campos del conocimiento, del arte o de la tecnología.

## REFERENCIAS

Adelmand, L. y M. Compton; *Mathematics in Early Abstract Art*, en *Toward a New Art*, pp. 64-89, The Tate Gallery, Londres, Inglaterra (1980).

Arcavi, A.; *The role of visual representation in the learning of mathematics*, Educational Studies in Mathematics: 52 (1), 215-241 (2003).

Arriasecq, I. e I. Greca; *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: 18 (1), 17-28 (2005).

Berlin, D. y A. White; *Integrated Science and Mathematics Education: Evolution and Implications of a Theoretical Model*, en *International Handbook of Science Education*, pp. 383-397, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda (1998).

Cajas, F.; *Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico*, Enseñanza de las Ciencias: 19 (2), 234-254 (2001).

Ciapuscio, H.; *Nosotros y la tecnología*, pp. 209-212, Agora, Buenos Aires, Argentina (1999).

Chartier, R.; *Las revoluciones de la cultura escrita*, pp. 50-183, Gedisa, Barcelona, España (2000).

Collins, A.; *National science education standards: looking backward and forward*, The Elementary School Journal, 97 (4), 299-313 (1997).

Cornejo, J.; *El análisis de manuales escolares y la historia de la enseñanza de la ciencia como recurso en la formación docente*, Revista Iberoamericana de Educación, ISSN 1681-5653 (en línea), 38 (6), 2006. <http://www.oei.rie.es>. Acceso: 10 de noviembre (2006).

Cornejo, J., G. Loleggio y M. Strahman, *La matemática y el arte*, en Docentes que cuentan, pp. 111-117, Fundación Creer y Crecer, Buenos Aires, Argentina (2006).

Emmer, M.; *La perfección visible: matemática y arte*, Artnodes, ISSN: 1695-5951 (en línea), julio 2005. <http://www.uoc.edu/artnodes/esp/art/emmer0505.pdf>. Acceso: 4 de septiembre (2007).

Emmer, M; *Entrevista a Ennio De Giorgi*, en *Matemática, arte, tecnología, cinema*, pp. 270-281, Springer, Milán, Italia (2002).

- Figueiras, L. y J. Deulofeu; *Atribuir un significado a la matemática a través de la visualización*, Enseñanza de las Ciencias: 25 (2), 217-226 (2005).
- Galili, I. y M. Tzeitlin; *Newton's First Law: Text, Translations, Interpretations and Physics Education*, Science and Education: 12 (1), 45-73 (2003).
- Glas, E.; *Klein's Model of Mathematical Creativity*, Science and Education; 11 (1), 95-104 (2002).
- Hernández González, M. y J. Prieto Pérez; *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: 18 (1), 105-112 (2000).
- Heilbron, J.L.; *History in Science Education, with Cautionary Tales about Agreement of Measurement and Theory*, Science and Education: 11 (4), 321-331 (2002).
- Hsu, M., R. De Wald y K. Turner; *El programa de los módulos del mundo de los materiales: incorporación de tecnología a la educación preuniversitaria*, Journal of Materials Education: 23 (1-3), 127-138 (2001).
- Khishfe, R. y N. Lederman; *Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated*, Journal of Research in Science Teaching: 43 (4), 395-418 (2006).
- Koponen, I. y T. Mantila; *Generative Rol of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Sugestion for Epistemological Reconstruction*, Science and Education: 15 (1), 31-54 (2006).
- Le Lionnais, F.; *Le beauté en mathématiques*, en *Les grands courants de la pensée mathématique*, pp. 457-458, Librairie Scientifique et Technique A. Blanchard, París, Francia (1962).
- Linn, M.; *Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y comunicación (TIC)*, Enseñanza de las Ciencias: 20 (3), 347-355 (2002).
- Livio, M.; *La ecuación jamás resuelta – Cómo dos genios matemáticos descubrieron el lenguaje de la simetría*, 9-11, Ariel, Barcelona, España (2007).
- Mandelbrot, B.B.; *La geometría della natura: sulla teoria dei frattali*, 1º edición, 12-60, Theoria, Roma, Italia (1989).
- Orozco, L.E.; *La formación integral: mito y realidad* (2000), <http://www.ilaedes.org/pulorozco.htm>. Acceso: 17 de septiembre (2007).
- Paenza, A.; *Matemática, ¿estás ahí?*, 184-189, Siglo XXI Editores, Buenos Aires, Argentina (2005).
- Peitgen, H.O. y P.H. Richter; *The Beauty of Fractals*, 23-89, Springer-Verlag, Berlín, Alemania (1986).
- Reis, J. y otros tres autores; *History, Science and Culture: Curricular Experiences in Brazil*, Science and Education: 10 (1), 369-378 (2001).
- Scheker, H.; *Integration of Experimenting and Modelling by Advanced Educational Technology: Examples from Nuclear Physics*, en *International Handbook of Science Education*, pp. 383-397, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda (1998).
- Speltini, C. y J. Cornejo; *Actividades tecnológicas en la formación básica del Ingeniero*, Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería: 6 (10), 7-16 (2005).
- Speltini, C., J. Cornejo y A.I. Iglesias; *La epistemología de Reichenbach aplicada al desarrollo de trabajos prácticos contextualizados (TPC)*, Ciencia e Educação: 12 (1), 1-12 (2006).