

# La formación docente: un reto para la investigación\*

Marisa Michelini<sup>1</sup>, Lorenzo Santi<sup>2</sup>, Alberto Stefanel<sup>3</sup>

*Unità di Ricerca in Didattica della Fisica, Università degli Studi di Udine. Udine. Italia.*

<sup>1</sup>[marisa.michelini@uniud.it](mailto:marisa.michelini@uniud.it), <sup>2</sup>[lorenzo.santi@uniud.it](mailto:lorenzo.santi@uniud.it), <sup>3</sup>[alberto.stefanel@uniud.it](mailto:alberto.stefanel@uniud.it)

[Recibido en abril de 2013, aceptado en julio de 2013]

En este trabajo se repasa la labor desarrollada por los autores a lo largo de su experiencia profesional como docentes y formadores de docentes en las áreas científicas. En particular, se discute con detalle la formación del profesorado en el sistema educativo italiano.

**Palabras clave:** Formación del profesorado de ciencias; Educación secundaria; Italia.

## Teacher training: A challenge for research

This paper reviews the work developed by the authors in the course of their professional experience as teachers and teacher trainers in the scientific areas. In particular, it discusses in detail the training of teachers in the Italian educational system.

**Keywords:** Science teacher training; Secondary education; Italy.

## Introducción

La profesionalidad docente puede considerarse como el aspecto específico característico más importante de la educación (Elbaz 1983, p.11), a través de la cual pasa la posibilidad de mejorar el aprendizaje de los estudiantes, de renovar los planes de estudio que se aplican en las escuelas, de introducir la innovación didáctica y metodológica basada en los resultados de la investigación (Calderhead 1996, Borko y Putnam 1996, Park y Oliver 2008). Por esta razón, en los últimos 20 años, sobre todo en Europa, ha surgido un gran interés por la formación del profesorado, sobre la cual se han publicado numerosos trabajos (Michelini 2004, Taşar y Çakmakçı 2010, Cassan y Michelini 2010).

Las encuestas llevadas a cabo a nivel internacional (los estudios TIMSS y OECD-PISA) han puesto de manifiesto las carencias en la formación de los estudiantes, en particular en el ámbito científico (IJSE 2011, OECD 2007). Otros informes (encuestas TIMSS y proyectos Steps) han permitido detectar las características generales y las necesidades de formación de los docentes (TIMSS 2007, Steps 2012).

Desde el punto de vista de la formación del profesorado, el problema se plantea en tres perspectivas: a) política y organizativa, b) competencias requeridas, c) intercambio inadecuado entre la escuela y la investigación universitaria en didáctica de la física.

Hay una carencia sustancial en la cultura científica básica de los ciudadanos (Holbruch 2002). La educación científica es hoy una emergencia a nivel internacional en el desafío por el desarrollo. Hay visiones mistificadas de la ciencia, por desgracia extendidas incluso entre los niveles sociales altos (Olsen *et al.* 2011), según las cuales la física se confunde con la tecnología, considerada una disciplina determinista y totalizadora, que sólo admite un mundo mensurable y previsible, mediante difíciles herramientas formales, accesible sólo a la comunidad elegida de los científicos. Por el contrario, todas las veces que los jóvenes se enfrentan a un problema real, un desafío cultural, se motivan y muestran un gran interés (Viennot 2008).

---

\* La traducción del italiano ha sido realizada por los editores de este número monográfico.

Las encuestas TIMSS (TIMSS 2007, 2008) han permitido identificar estrategias y métodos utilizados habitualmente por los docentes, evidenciando en particular que la casi totalidad del profesorado depende del libro de texto (aproximadamente el 100 %), la mitad del tiempo dedicado a la enseñanza se dedica a que los alumnos lean la «teoría» o a resolver los ejercicios (> 50 %), a veces haciéndoles asistir a demostraciones (11-54 %) y sólo en unos pocos casos implicándolos en la realización de experimentos o exploraciones (0-30%). Desde la perspectiva de la investigación en enseñanza de la física (IEF) se muestra que una de las principales demandas de los profesores es la adquisición de competencias para producir entornos de aprendizaje en los que el alumno tenga un papel activo.

A partir del cuestionario Steps Two (2012) se encontró que, actualmente, en la mayoría de los programas de formación inicial del profesorado (FIP) de los países se utilizan principalmente dos modelos: I. Secuencial, en el que la formación disciplinar precede a la pedagógica. II. Paralelo, en el que se desarrollan paralelamente, aunque de forma separada, los contenidos disciplinarios y los pedagógicos. En muchos países se están produciendo nuevos desarrollos en los programas o en los métodos de FIP. En cuanto a la naturaleza y el nivel de conocimiento en los profesores de física en formación, de Steps Two se deduce que la comprensión del contenido disciplinar producida durante la formación inicial no es aquella comprensión conceptual que los futuros profesores deberán hacer desarrollar a sus futuros alumnos (Titulaer 2012).

El problema de la cultura científica de los ciudadanos se plantea en términos culturales amplios. Se debe proporcionar la oportunidad de entender qué es la ciencia y qué no lo es: de qué y cómo se ocupa en el proceso cognitivo, de la manera de identificar y controlar el potencial y las limitaciones de su trabajo.

La educación científica no se puede resolver con la información o el simple relato, sino que debe basarse en una metarreflexión también sobre la experiencia en la que las herramientas y los métodos de la ciencia deben ser conocidos y reconocidos (Fensham 2001, Hestenes 2007, Viennot 2008, Micheline 2010).

Hay que mejorar la educación científica con experiencias orgánicas sobre las cuales razonar (no campos de experiencias aisladas); laboratorios para explorar con los sentidos, la mente... y sensores (los instrumentos). ¡Se debe adquirir la educación científica a edad muy temprana, con las primeras experiencias de conocimiento del mundo mediante profesorado preparado desde los primeros niveles escolares! (Buckberger *et al.* 2000, Micheline 2004).

El problema de la formación inicial del profesorado (FIP) implica diferentes planos: a) la estructura/organización de la formación docente; b) las disciplinas, de los contenidos y de las actividades; c) la contribución de la investigación pedagógica es vista desde diferentes perspectivas por diferentes individuos (ministros/políticos, facultad/departamento, redes nacionales, comunidad de investigadores), pero las respuestas a estos retos vienen sólo de la integración tras la investigación didáctica (disciplinar) y la formación inicial de los docentes. Como se mencionó anteriormente, la formación inicial de los profesores es un campo en el que la investigación en la didáctica de la física ha trabajado durante mucho tiempo. No se debe confundir con la investigación pedagógica sobre la enseñanza o la investigación psicológica sobre el aprendizaje individual, o con los estudios sociológicos sobre la organización de la actividad escolar. Está vinculada a la construcción de competencias para producir aprendizaje específico de carácter disciplinar –el aprendizaje de la materia– (Shulman 1986, 1987, Gess-Newsome 1999, Magnusson *et al.* 1999). La perspectiva del conocimiento pedagógico del contenido de Shulman (1986) constituye el marco teórico actual para la formación del profesorado.

## Conocimiento pedagógico del contenido (CPC) y formación del profesorado

La teoría del CPC pretende comprender en qué consiste y cómo se adquiere el conocimiento en el profesorado (Shulman 1986, 1987).

El análisis de Shulman (Shulman 1986) proviene de la reflexión que, en los exámenes de los docentes, las pruebas utilizadas para la habilitación de los candidatos se basaban en estándares, que implicaban: habilidad básica de lectura, escritura, resolución de problemas...; fuerte énfasis en los procedimientos; competencia de enseñanza basada en la investigación; ninguna relación con los contenidos del currículum. En su lugar se hacía hincapié en cómo los profesores gestionan la clase, organizan actividades, distribuyen el tiempo y las tareas... juzgando el aprendizaje general del estudiante. Shulman se pregunta: ¿dónde acaba el contenido disciplinar?, ¿qué ha sucedido con la materia/disciplina que se enseña?

En los estudios sobre la enseñanza faltaba el papel de los contenidos disciplinares. El comportamiento del profesor estaba correlacionado con los resultados... sin atender a los contenidos. Nadie se planteaba el problema de cómo el contenido se transformaba del conocimiento del maestro al contenido de la educación. No se llevaba a cabo ningún examen del proceso de aprendizaje de contenidos y estaba poco considerada la organización del conocimiento en las ideas del maestro. Los investigadores ignoraban un aspecto central de la vida en el aula: el contenido disciplinar. Entre las principales cuestiones abiertas y completamente ignoradas en la investigación figuraban las siguientes: ¿de dónde provienen las explicaciones de los profesores?, ¿cómo decide el profesor qué enseñar y cómo presentarlo?, ¿cómo investigar sobre esto con los estudiantes?, ¿cómo afrontar los problemas cuando no se entiende la materia?

El debate iniciado por Shulman ha conducido a nuevas preguntas en la investigación sobre la adquisición del conocimiento en la enseñanza: ¿Cuáles son las fuentes de conocimiento de los profesores? ¿Cómo se aprenden los nuevos conocimientos? ¿Cómo utiliza el profesorado su experiencia para generar nuevas explicaciones, representaciones o aclaraciones? ¿Cuáles son las fuentes de analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones o nuevas formulaciones? (Shulman 1986, 1987).

El objetivo de la investigación de Shulman es clarificar lo siguiente: ¿Cómo se prepara el profesorado para enseñar algo que nunca ha aprendido antes? ¿Cómo tiene lugar el aprendizaje del docente? ¿Qué hace el profesor para transformar su aprendizaje personal, a partir de un texto, en un contenido educativo que entiendan sus estudiantes?

En términos de lo que es el conocimiento del profesorado, la investigación de Shulman también tiene como objetivo identificar: ¿Cuáles son el dominio y las categorías del conocimiento de los contenidos en la mente del profesorado? ¿Cómo están correlacionados el conocimiento del contenido (CC) y el conocimiento pedagógico (CP) general?

Entre las categorías del conocimiento del docente, Shulman identifica el conocimiento curricular, que incluye: los programas diseñados para la enseñanza de una disciplina (que, por ejemplo, en Italia vienen impuestos por el Ministerio de Educación, Universidad e Investigación), materiales de enseñanza y sus variantes (libros, artículos, resultados de investigación, recorridos), materia médica para la enseñanza, materiales para la educación, textos alternativos, software, experiencias de laboratorio, itinerarios alternativos, contenidos de los exámenes.

Un análisis conceptual de los conocimientos de los profesores nos permite identificar tres fuentes principales de conocimiento para la enseñanza:

1. Búsquedas de itinerarios para implementar la enseñanza-aprendizaje y sus funciones respectivas para la práctica de la enseñanza; los principios de la enseñanza activa y relativa resultantes en la práctica escolar; los estudios experimentales sobre la eficacia de la enseñanza.
2. Conocimiento de los siguientes casos: prototipos, parábolas... sobre las experiencias.
3. Conocimiento estratégico: dominio de los procedimientos, contenidos, razonamientos; reflexión sobre sus propios conocimientos; competencias metacognitivas para el diseño de actividades curriculares.

La investigación sobre la formación del profesorado que precedió al trabajo de Shulman en CPC determinaba la eficacia del profesorado mediante: estudios de proceso-producto, comportamiento del docente acreditada entre los estudiantes en base a su estilo expositivo. Los trabajos de investigación en el aula también han permitido indagar cómo el profesor, formado en el uso de enfoques específicos encontraba el comportamiento más eficaz para la promover el aprendizaje de los alumnos (Anderson et al. 1979, Shulman 1981).

Shulman, señalando cómo en esta perspectiva se pierden los contenidos disciplinares, presentó el conocimiento pedagógico del contenido (CPC), señalando que la *enseñabilidad* de un contenido va más allá del conocimiento (C) de la propia disciplina, la dimensión del conocimiento de la materia, de la disciplina para enseñar, incluye las formas más útiles y alternativas de: analogías significativas, representaciones, ilustraciones, ejemplos, explicaciones. El CPC incluye una comprensión de lo que hace que sea fácil o difícil el aprendizaje de temas específicos, concepciones y preconcepciones, estrategias fértiles en la reorganización de la comprensión, conceptos erróneos de los estudiantes y su influencia en el aprendizaje; conocimiento basado en la investigación y la comprensión pedagógica de contenido disciplinar.

Los profesores han contribuido a los estudios de casos emblemáticos/buenas prácticas, con estudios experimentales sobre la eficacia de la enseñanza y la transformación de sus propios conocimientos en enseñanza.

La literatura reciente sobre CPC se ocupa de: diferentes enfoques para medir el CPC del profesorado, qué CPC favorecen el aprendizaje y la motivación, pruebas y otras herramientas para medir el CPC, CPC en acción y CPC sobre la acción (componente reflexiva del docente), implementar modelos para el desarrollo de competencias operativas y herramientas para medir diferentes aspectos de las competencias (Abell 2007, Gess-Newsome 1999, Rohaan *et al.* 2010). El *Libro Verde* sobre la formación del profesorado en Europa (Buckberger *et al.* 2000) hace hincapié en el papel crucial del diseño hecho en situaciones apropiadas de enseñanza-aprendizaje en las cuales los futuros profesores pueden encontrar oportunidades para el desarrollo de las habilidades profesionales clave, así como la cultura científica básica que pueda habilitarlos para aplicar proyectos educativos exitosos a pesar del conocimiento disciplinar limitado. Algunas de las actividades posibles en este contexto son: la reconstrucción didáctica de los contenidos disciplinares, la exploración y el diseño de situaciones de resolución de problemas, el diseño curricular basado en la investigación, las intervenciones de planificación intervenciones de enseñanza-aprendizaje, el análisis de los razonamientos de los estudiantes en actividades de enseñanza-aprendizaje.

## Nuevas formas de pensar en la formación profesional de los docentes

Tras el *Libro Verde* sobre la formación docente en Europa, el segundo seminario internacional de GIREP<sup>1</sup> (Micheliní 2004) señaló tres necesidades principales: a) conexión/colaboración

<sup>1</sup> Udine 2003, <http://www.fisica.uniud.it/URDF/girepseminar2003/index.htm>

entre la escuela y la universidad, b) programas específicos profesionales para la formación profesional de los docentes, investigación en enseñanza de la física (IEF) integrada con la formación de los docentes y la enseñanza en la escuela.

En este nuevo contexto, la preparación profesional de un profesor del ámbito científico ha sido analizada a fondo en términos del perfil profesional en el contexto del trabajo sobre la «Gestión del Talento Humano»; dicho perfil se analiza a menudo en términos de «competencias» y este término ha entrado en las nuevas normativas internacionales.

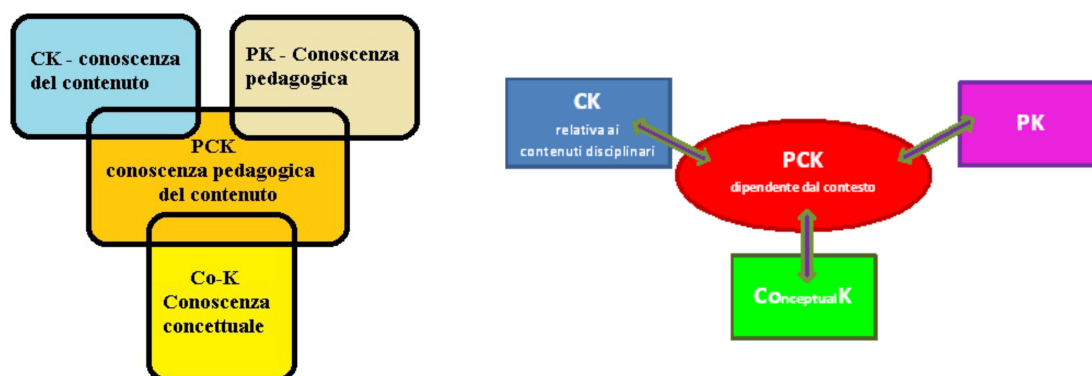
El simposio Steps Two sobre la formación de profesorado realizada en la conferencia GIREP 2010 en Reims (Michellini y Sperandeo 2011) describe el marco común sobre las competencias que deben tener los docentes: habilidad para dirigir, gestionar y dominar los conocimientos y métodos relacionados con sus temas de interés; capacidad para integrar diferentes tipos de conocimiento y métodos en una red flexible; habilidad para transformar tales redes de conocimiento y métodos en una actitud s para actuar en casos concretos.

La comunidad de Steps Two, en el marco de la Conferencia Mundial sobre Educación en Física, que tuvo lugar en Estambul en julio de 2012 (Titulaer 2012), ha analizado el papel de las recomendaciones de la Unión Europea en término de eurobenchmarks: 1. Ayudar a los departamentos para diseñar y adaptar los programas; 2. Identificar estándares para el control de calidad (evaluación y acreditación); 3. Diseñar programas adicionales para el profesorado que necesita una cualificación adicional en física o en formación pedagógica (especialmente en países con itinerarios rápidos para la FIP); 4. Directrices para el reconocimiento de las cualificaciones de los docentes en los diferentes países de la Unión Europea. Steps Two también se ha referido a los requisitos básicos necesarios para la formación inicial del profesorado: ser de carácter universitario y preferiblemente a nivel de Máster; estar basados en la investigación en las tres componentes siguientes: Física, Didáctica de la Física, Pedagogía Aplicada y aspectos sociales; incluir actividades prácticas en la escuela; predecir una tesis sobre la actividad efectiva de la enseñanza-aprendizaje. Los ejemplos de las competencias para la enseñanza de la física son los siguientes: 1. Aclarar lo que es la ciencia y la física en particular, promoviendo una formación científica básica (alfabetización científica), así como el interés y la disposición para seguir aprendiendo; 2. Ofrecer la física a los niños, empleando representaciones múltiples y creando un puente con la experiencia cotidiana de los niños; 3. Diseño de una ruta para la enseñanza-aprendizaje con sus vínculos relativos; 4. Experimentar este itinerario, seleccionando y elaborando materiales didácticos, valorando su eficacia y aprendiendo de su puesta en práctica; 5. Conocimiento y experiencia de un amplio espectro de métodos para la enseñanza de la física, incluyendo experimentos didácticos y usos de las diferentes tecnologías multimedia; 6. Identificación de dificultades conceptuales y organización de los ambientes de aprendizaje para superarlas.

### **Más allá de Shulman: conocimientos básicos para la enseñanza**

La teoría de Shulman que ve el CPC como resultado de la integración del conocimiento del contenido (CC), del conocimiento pedagógico (CP), del conocimiento conceptual (CCo) (figura 1) no es en sí suficiente para indicar estrategias eficaces de cara a la formación y preparación de los docentes (Gess-Newsome 1999, Michellini 2004).

En este contexto, conviene mirar hacia los modelos de FIP, hacia las formas en que se aplican, estudiando el proceso.



**Figura 1.** El CPC como conocimiento basado en la integración y la interacción del CC (CK - Content Knowledge), del CP (PK - Pedagogical Knowledge) y del CCo (CoK - Conceptual Knowledge).

Las investigaciones realizadas muestran que una formación separada, con una parte destinada a los conocimientos tradicionales de los contenidos (CC) y la otra a los conocimientos pedagógicos básicos tradicionales (CP), determina que: el conocimiento científico y los razonamientos naturales coexisten en el mismo terreno en forma a menudo contradictoria, no se produce en el docente la integración entre CC y CP; el estilo de enseñanza reproduce una lista narrativa de nociones, una serie de respuestas a cuestiones no planteadas o que el estudiante no reconoce como propias; el razonamiento del sentido común se evoca como una estrategia para involucrar a los estudiantes, pero no se utiliza como punto de partida para hacer evolucionar el pensamiento de los estudiantes; no se promueve en el razonamiento la perspectiva global a partir de la local (Gess-Newsome 1999, Michelini 2004, Viennot *et al.* 2005).

Una posible solución es la construcción del CC analizando las propuestas educativas que provienen de la investigación (Corni *et al.* 2004, Eylon y Bagno 2006, Heron *et al.* 2011). Esto activa la necesaria integración entre CC y el correspondiente CPC, pero ¿es suficiente para formar docentes capaces de activar el CPC en contextos reales de la enseñanza?, ¿para traducir la competencia sobre los nodos disciplinares en competencias dirigidas a proyectos?

## Modelos para la formación del profesorado

De acuerdo con un enfoque de CPC, en la formación profesional de los docentes concurren los tres ámbitos siguientes: conocimientos de los contenidos (CC), conocimientos didácticos y pedagógicos generales (CP) y conocimientos pedagógicos de los contenidos (CPC). Estas tres áreas de conocimiento mencionadas anteriormente incluyen diferentes elementos y se forman atendiendo a diferentes fuentes: el contenido de la materia específica, identificada por las referencias académicas; la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia y de la física, en particular; las propuestas educativas basadas en la investigación y los libros de texto; la investigación sobre las dificultades de aprendizaje y los procesos de aprendizaje propios de la disciplina específica o del contexto específico de la disciplina. Todo ello se pueden desarrollar con enfoques muy diferentes. En particular, en la formación del profesorado centrada en las propuestas de enseñanza innovadoras, se pueden identificar tres modelos de referencia: el modelo metacultural, el modelo experiencial<sup>2</sup> y el modelo situado (Michelini *et al.* 2000, 2005). Estos modelos y, en particular, este último, se integran con el aprendizaje informal productivo

<sup>2</sup> Aunque en este artículo se usa el término «experiencial», en los trabajos de investigación sobre formación del profesorado en España, muchos autores hablan del modelo «vivencial» para referirse a aquellos modelos en que los profesores aprenden *in situ* con las mismas estrategias y procesos de enseñanza que se pretenden fomentar para sus futuros alumnos.

del conocimiento adquirido en la experiencia, en el proceso de investigación-acción del docente que explora las propuestas didácticas que son objeto de la formación y reflexiona sobre ellas con criterios y herramientas de investigación (figura 2).

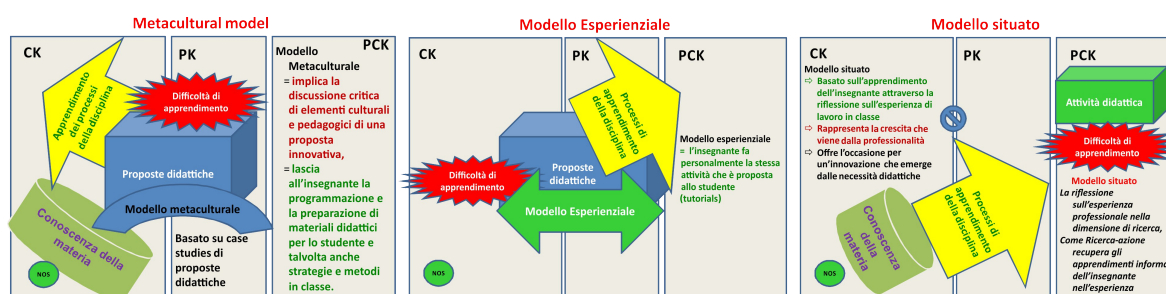


Figura 2. Mapas de los modelos de formación del profesorado: metacultural, experiencial y situado.

## Los principales componentes del conocimiento de los docentes y los modelos de formación del profesorado

Seguidamente discutiremos las características de cada modelo, destacando su papel en la formación de profesores, así como sus limitaciones.

### Modelo metacultural

El modelo metacultural implica la discusión crítica de elementos culturales y pedagógicos de una propuesta innovadora explicitando los contenidos disciplinares y los procesos que caracterizan la formación disciplinaria específica (CC), los aspectos pedagógicos (CP), en particular sobre la base de estudios de propuestas didácticas, así como en el análisis de las dificultades de aprendizaje relacionadas, todo lo cual intenta superar la propuesta didáctica objeto de la formación. Dar al profesorado la planificación y preparación de los materiales didácticos para los estudiantes e, incluso a veces, las estrategias y los métodos para desarrollar la clase.

Por tanto, este modelo requiere de materiales de apoyo para el diseño y la implementación de las propuestas en el aula, que hoy en día se pueden organizar en ambientes de recursos de materiales profesionales para los docentes. Estos entornos proporcionan a los docentes ejemplos de experimentos, itinerarios educativos, resultados de investigación sobre el aprendizaje basado en estos itinerarios y reseñas de la investigación documentada en la literatura, materiales para la evaluación, applets Java para la modelización, y documentación de experiencias de enseñanza en las innovaciones en enseñanza-aprendizaje.

El sitio web de la Unità di Recerca in Didattica della Fisica (URDF)<sup>3</sup> es un portal donde se ofrecen los entornos, materiales y recursos de este tipo para la formación del profesorado. En la figura 3 se observan las características de los entornos GEIWEB y SECIF. El entorno interactivo multimedia GEIWEB<sup>4</sup> ofrece la educación científica y física, en particular, para la escuela básica en la modalidad típica de la educación informal, y a partir de la colección de experimentos de la muestra *Juegos Experimentos Ideas* se organizan los materiales de estudio, cursos educativos, foros de empleo, colecciones de artículos sobre los procesos de aprendizaje, propuestas de modelizaciones (Bosio *et al.* 1999, Pugliese y Micheli 2001).

<sup>3</sup><http://www.fisica.uniud.it/URDF/>

<sup>4</sup><http://www.fisica.uniud.it/GEI/GEIweb/index.htm>

El ambiente creado dentro del proyecto SECIF<sup>5</sup> ofrece materiales organizados traduciendo la metáfora de la exploración de un territorio de recursos para cada tema (fenómenos térmicos en la escuela básica, óptica física y mecánica cuántica): introducción, enfoque, estrategia y métodos, requisitos previos, mapas, hilo conductor del itinerario didáctico, caracteres interdisciplinarios, recursos, contenidos, experimentos, simulaciones, experimentación en el aula (Michellini y Meneghin 1997, Cobal *et al.* 2002, Michellini *et al.* 2002).



**Figura 3.** Página de GEIWEB y del entorno para la formación de profesor realizado en el proyecto SECIF, accesible en [www.fisica.uniud.it/URDF](http://www.fisica.uniud.it/URDF).

Una formación basada sólo en el modelo metacultural, aunque sobre la base de materiales de investigación y diseñada para apoyar a los docentes en la formación y en el diseño didáctico, no es suficiente: las propuestas de proyectos de los profesores están a menudo poco organizadas, aunque se basan en materiales validados y en itinerarios orgánicos basados en la investigación, traduciendo tales propuestas con lagunas en puntos cruciales, la coherencia del razonamiento y el desarrollo de la comprensión conceptual no están focalizadas, el estilo de enseñanza tradicional (transmisivo) se reactiva también en la aplicación de la innovación, las ideas de los estudiantes y el proceso de aprendizaje no se consideran en la planificación didáctica (Gess-Newsome 1999, Michellini 2004, Viennot *et al.* 2005).

### Modelo experiencial

Es necesario que los profesores tengan experiencia directa de los itinerarios conceptuales que se propondrán a los estudiantes, como ocurre en el modelo experiencial de la formación centrado en una propuesta didáctica específica, en el cual el profesorado realiza las mismas actividades que se propondrán al alumnado, a partir de tutoriales que traducen operativamente la propuesta didáctica objeto de la formación, reflexionando también sobre las etapas individuales en las que se desarrolla, evaluando su validez didáctica y sus límites, identificando los aspectos resueltos y los que todavía permanecen abiertos (McDermott *et al.* 2000, Marucci *et al.* 2001, Michellini *et al.* 2002, Sokoloff *et al.* 2004). En dicho modelo, la formación en la competencia de los contenidos se convierte en parte de la formación de CPC en cuanto la reflexión sobre el proceso formativo provocada por el tutorial se centra en los aspectos conceptuales del contenido específico disciplinar y los procesos de aprendizaje que les permitan superar.

En este modelo la formación se basa en la estrategia Pronóstico-Experimento-Comparación (PEC) para diseñar los tutoriales. Esta incluye preguntas que estimulen el *pronóstico* de un fenómeno específico (por ejemplo, lo que se espera que suceda si se acerca un imán a diferentes objetos), el *experimento/exploración* (por ejemplo, ¿qué se observa al realizar la

<sup>5</sup><http://www.fisica.uniud.it/URDF/secif/index.htm>

prueba?), la *comparación* (por ejemplo, discusión sobre las similitudes y las diferencias entre la predicción y la observación, ¿cómo se explica lo que ha observado?) (Thornton y Sokoloff 1999, Theodorakakos *et al.* 2010, Michellini *et al.* 2002).

A través de las exploraciones individuales o en pequeños grupos y mediante diálogos de tipo *rogersiano* (Lumbelli 1996) se encuentran: reglas descriptivas; reglas generales con condiciones («cuando hago..., entonces observo...»); interpretaciones locales, globales, causales. Como instrumento de seguimiento de este proceso se han diseñado y desarrollado fichas indagativas exploratorias (EIC - Exploration Inquiring Cards) de tres tipos: A) se implementa de forma abierta las preguntas que activan el ciclo PEC en base a un problema/situación específico; B) se propone el análisis de una primera situación que sirve como ancla cognitiva (por ejemplo, equilibrar sobre una balanza una pequeña pesa con otra pesa igual), se sugiere un nuevo escenario puente que activa la construcción de una conclusión más rica que la alcanzada en el primer caso (con un pesa equilibra dos pesas iguales situadas a la misma distancia del fulcro de la balanza). Y para concluir, C) representación de una gráfica observada en tiempo real; descripción de la gráfica observada; explicación de la gráfica observada (Bosio *et al.* 1997).

La activación del ciclo PEC encuentra una aplicación inmediata en el uso de sensores para predecir la gráfica que se observará en tiempo real cuando se mida la magnitud considerada, reproducir la gráfica observada comparándola con la predicha, leer y analizar la gráfica para reconocer las condiciones físicas que han permitido las diferentes etapas de la evolución temporal de la magnitud observada, construir ajustes, obtener conclusiones basadas en el fenómeno observado que desencadenan un nuevo ciclo PEC y estimular la construcción de concepciones con mayor radio de coherencia (Stefanel *et al.* 2002, Michellini 2006, Michellini y Stefanel 2006, Michellini *et al.* 2010). El laboratorio en tiempo real ha demostrado ser un eficaz método formativo para el profesorado de física básica, tanto en la escuela primaria como en la secundaria (Aiello-Nicosia *et al.* 1997, Corni *et al.* 2004, 2005). En nuestra experiencia, este método se ha aplicado, por ejemplo, en el uso de sensores *on-line* para analizar el movimiento de un coche de juguete a lo largo de un plano horizontal. Para completar la formación en la modalidad semipresencial hay que conectar la actividad de formación individual con la actividad experimental llevada a cabo en el aula, reflexionar sobre la experiencia vivida, analizar el significado de las gráficas, lograr implicación personal en el método de análisis del argumento; el experimento analizado en tiempo real en el aula se ha propuesto para un nuevo análisis en red mediante un objeto de aprendizaje implementado en la red (Bochicchio *et al.* 2005, Longo *et al.* 2005).

Éste presenta la situación (un coche de juguete sobre la mesa se pone en marcha mediante un pequeño empujón, avanza unos centímetros y después luego se detiene), la descripción del sistema de referencia en la medida efectuada, la trayectoria del movimiento, el análisis de las gráficas posición-tiempo, velocidad-tiempo y aceleración-tiempo de puntos del movimiento observado, el análisis de las condiciones dinámicas que permiten que tenga lugar el movimiento observado.

En el modelo experiencial, como se ve en los ejemplos aquí descritos, el profesorado se involucra en ir al fondo de las cuestiones conceptuales en las que se centra la propuesta, sobre la reflexión del valor educativo de cada paso, de cada actividad, de cada experimento. El riesgo es que pierda de vista la coherencia global del programa de enseñanza, que se focalice en objetivos secundarios o puntuales, perdiendo de vista los principales perseguidos por el itinerario didáctico. En este sentido, la integración con la actividades metaculturales le da un valor añadido a la formación, pudiendo recuperarse, de este modo, la dimensión general.

## Modelo situado

En cualquier caso, con unas actividades formativas basadas tanto en el modelo metacultural como en el experiencial (o en una integración de ambos), no se forma explícitamente la capacidad de los docentes para poder activar el CPC en situaciones reales de enseñanza con los estudiantes, tanto en la fase de planificación de un itinerario didáctico y puesta a punto de su aplicación, así como en la de seguimiento y evaluación, además de la de documentación. Para estos objetivos es necesario diseñar las actividades en contextos efectivos e implementar proyectos didácticos que incidan en contextos específicos diseños innovadores de enseñanza de acuerdo a un modelo situado.

El modelo situado se basa en el aprendizaje del docente a través de la reflexión sobre la experiencia del trabajo en el aula. Representa el enriquecimiento procedente de la profesionalidad. Ofrece la oportunidad para una innovación que surge de la necesidad educativa.

En el modelo situado, la reflexión sobre la experiencia profesional adquiere una dimensión de investigación. Como actividad de investigación-acción una formación situada recupera los aprendizajes informales del docente madurado en la experiencia.

En nuestra experiencia de formación de profesorado, la formación situada se realiza con diferentes métodos en laboratorios conceptuales, en las actividades estructuradas de laboratorio, en las actividades de practicum en el aula (Michellini 2004).

Los laboratorios conceptuales son contextos de investigación sobre los procesos de aprendizaje que se convierten en oportunidades formativas para los docentes en formación, que observan la actividad con los alumnos realizadas por un investigador, o realizada por los profesores en formación «una vez que han visto cómo se hace» (Stefanel *et al.* 2002, Fedele *et al.* 2005, Bradamante *et al.* 2005, Michellini 2006).

Los problemas de la investigación sobre los procesos de aprendizaje que se han explorado son los siguientes.

Papel de la operatividad (práctica y conceptual), de la implicación personal en la exploración de los fenómenos, del contexto, del razonamiento en la interpretación de los fenómenos provocados por la operatividad, tipos de formalización, mapas con los análisis de los fenómenos (descriptivo, interpretativo, modelos usados en las diversas situaciones). Emergen razonamientos de sentido común. Hoy sabemos que no hay observación sin una idea interpretativa (explícita o implícita) (Michellini 2006, 2010). Cada uno de nosotros al leer la fenomenología hace razonamientos basados en el sentido común, que dan lugar a: elementos perceptivos evidencias experimentales contingentes (sensación térmica, mecanismo de la visión), ambigüedad del lenguaje (tener fuerza), modelos interpretativos históricos superados que han entrado en nuestra cultura (calor), el nivel relativo de coherencia determina la resistencia, el conocimiento escolar y el razonamiento natural a menudo coexisten en el mismo territorio. La investigación en didáctica de las ciencias muestra que existen ángulos estratégicos desde los cuales el conocimiento del sentido común interpreta los fenómenos, que a menudo no coincide con la estructura ortodoxa de la disciplina; por lo tanto, es necesario encontrar los puentes para llegar a la visión científica; claves interpretativas que emergen en términos operativos para un gran número de contextos fenomenológicos y modelos interpretativos; la capacidad de leer e interpretar un proceso depende de la construcción de un modelo interpretativo global (Duit 2009, Viennot 2008, Michellini 2006, 2010). Alcanzar el nivel científico requiere superar los obstáculos de diversa naturaleza para hacer que encajen los modelos basados en el sentido común con los modelos científicos (Vosnoiadou 2004, 2007). Los modelos espontáneos de sentido común son contingentes y locales: modelos de objetos

que son útiles para explorar las propias ideas para construir estos puentes (Viennot *et al.* 2005, Micheliní 2006).

El pensamiento formal debe crecer con las ideas y las hipótesis interpretativas, adecuándose de forma funcional a las necesidades con capacidad operativa en diferentes contextos (Micheliní 2010).

En la FIP en el contexto operativo como acercamiento de investigación sobre los procesos de aprendizaje, en lugar de resultados generales o catálogos de dificultad se exploran los obstáculos que hay que superar para alcanzar el nivel científico de comprensión y la construcción del pensamiento formal (Micheliní y Sperandeo 2011).

Se presta atención a: la lógica interna del razonamiento, los modelos mentales espontáneos, su evolución dinámica como resultado de estímulos problemáticos (aprendizaje por indagación) en las propuestas de itinerarios proyectos.

La experimentación en la investigación permite explorar de forma operativa la contribución al aprendizaje de propuestas didácticas (Bradamante *et al.* 2005, 2006, Heron *et al.* 2011, Colonnese *et al.* 2012).

## **El problema de una cultura científica de los ciudadanos**

El problema de formar una cultura científica de los ciudadanos se plantea en términos generales. Se debe proporcionar la oportunidad de entender lo que es la ciencia y lo que no lo es, es decir: ¿qué y cómo se trata en el proceso cognitivo?, ¿cómo identifica y controla el potencial y las limitaciones de su trabajo?

La educación científica no se puede resolver con la información o la simple historia. Las herramientas y los métodos de la ciencia deben ser conocidos o reconocidos, a través de un metarreflexión sobre sus experiencias.

Hay que mejorar la educación científica con: laboratorios para explorar con la mente y con los sentidos, los sensores, los instrumentos; experiencias sobre las que razonar (no grupos de experiencias aisladas).

La perspectiva de la investigación en la innovación significa pone énfasis sobre los enfoques en el contenido disciplinar (Fischer 2005, Fischer *et al.* 2005) para identificar las estrategias de cambio conceptual (Vosniadou 2007, 2008).

Repensar los contenidos en términos de problemas (Fensham 2001), reconstruirlos desde la perspectiva educativa. Llevar a cabo una investigación empírica sobre el razonamiento de los niños. Activar itinerarios experimentales de enseñanza-aprendizaje. Llevar a la práctica la investigación-acción en una dialéctica de colaboración entre la escuela y la universidad. La dimensión de la investigación tiene como objetivo arrojar luz sobre la forma de observar la fenomenología, las formas más comunes de razonamiento y su evolución dinámica entrelazada con la enseñanza, teniéndolos en cuenta a fin de utilizarlos como un ancla para las propuestas.

Respecto de la didáctica, el primer paso es (Fensham 2001) repensar los contenidos en términos de problemas, reconstruirlos desde la perspectiva educativa. Esta tarea se integra, a menudo, con reflexiones sobre el razonamiento de los niños, el diseño de las entrevistas, el diseño multifase de los itinerarios de enseñanza-aprendizaje, investigación-acción en una dialéctica de colaboración entre la escuela y la universidad.

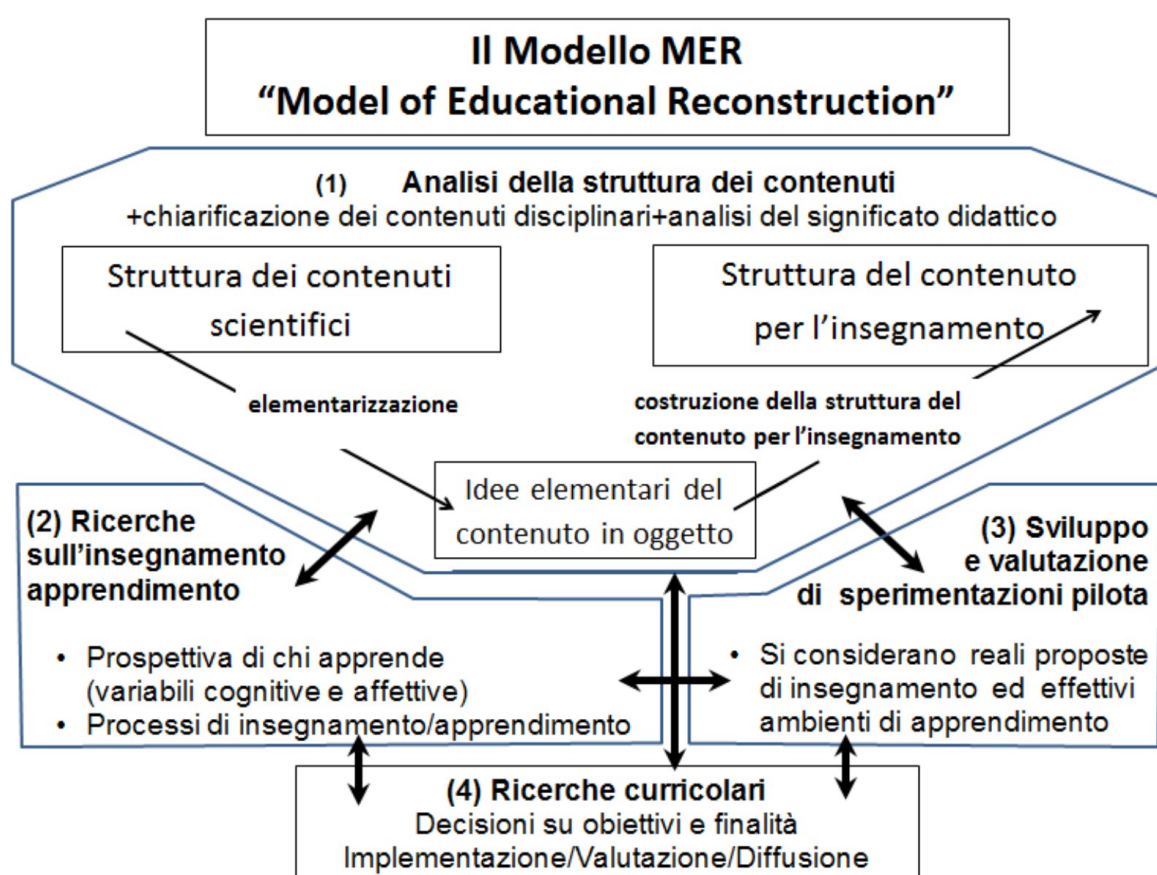
## Marco teórico de referencia

El marco teórico de referencia actual para la reconstrucción en clave educativa de los contenidos es el Modelo de Reconstrucción Educativa (MER - Model of Educational Reconstruction) (Duit *et al.* 2005, Duit 2006). La estructura del MRE incluye:

(A) análisis de la estructura de los contenidos a través de: A1 - Aclaración disciplinar (A1.1 - libros de texto y publicaciones; A1.2 - desarrollo histórico de las ideas; A1.3 - concepciones e ideas espontáneas de los niños), A2 - análisis de la importancia educativa.

(B) investigación sobre los itinerarios de enseñanza-aprendizaje.

(C) desarrollo de materiales y actividades de investigación, propuestas de enseñanza-aprendizaje, con nuevos métodos (figura 4).



**Figura 4.** La estructura del Modelo de Reconstrucción Educativa (Duit 2008) prevé la integración de: (1) análisis de la estructura de los contenidos; (2) investigación sobre la enseñanza-aprendizaje, tanto desde la perspectiva de quien aprende como de quien enseña, así como del proceso de enseñanza-aprendizaje; (3) desarrollo y evaluación de los proyectos de enseñanza a través de una estrecha interconexión entre investigación y desarrollo, y (4) investigación curricular y políticas sobre educación científica.

Para llevar a cabo una formación eficaz del profesorado sobre la base del CPC es necesario realizar una integración de los modelos metaculturales, experienciales, la construcción del CC se activa a través de la reflexión sobre la disciplina desde la perspectiva del MRE, sobre las vivencias de sus propios nodos conceptuales no resueltos en actividades experimentales, sobre los nodos conceptuales de los estudiantes en el aprendizaje de la actividad situada, a través de

la cual se desarrolla el CPC-en acción y el CPC-sobre la acción, con ensayos de propuestas de enseñanza-aprendizaje basados sobre micropasos conceptuales en los que el profesor, además de tener la experiencia de la interacción con los estudiantes, por una parte conforma su experiencia en la planificación didáctica y, por otra parte, aprende la metodología de seguimiento y análisis de los datos de la investigación sobre el aprendizaje, integrando la investigación curricular (Investigación Basada en Proyectos) (Constantinou 2010) con la investigación empírica (Niedderer 2010).

Los requisitos irrenunciables del currículum en la FIP deberían ser: la oferta de un conocimiento conceptual disciplinar (CCo, integrando el MRE y el CPC), la gestión de las herramientas didácticas y la atención a los procesos de aprendizaje. Para obtener una actitud del profesorado que conecte los fenómenos cotidianos con las muchas dimensiones del conocimiento, se ha de integrar la enseñanza no formal en el plan de estudios.

La contribución a este proceso debida a la investigación en enseñanza de la física (IEF) es fundamental y no puede darse por sentada (Vollmer 2003).

## La contribución de la IEF a la FIP

La contribución multidimensional de la investigación en enseñanza de la física (IEF) a la formación docente incluye: la identificación de los modelos para la FIP y el análisis de sus respectivas funciones, el diseño y la producción de recursos sobre nodos conceptuales y dificultades (investigación empírica), propuestas de enseñanza-aprendizaje (Design Based Research, R&D), el análisis de los datos del aprendizaje (investigación empírica); planificación integrando la investigación basada en proyectos con la investigación empírica; la identificación, desarrollo y validación de herramientas y métodos; características; pruebas; tutoriales.

## Herramientas de trabajo del CPC

Los cuestionarios CPC fueron diseñados como herramientas para la evaluación formativa del CC y del CPC correspondientes a nodos conceptuales específicos (Micheliní y Viola 2009, Heron *et al.* 2011, Micheliní *et al.* 2011, Micheliní y Mossenta 2011, Micheliní *et al.* 2012).

El diseño de los cuestionarios CPC ofrece:

- a partir de la literatura de la disciplina: nodos relacionados con nodos específicos disciplinares.
- a partir de la literatura sobre itinerarios educativos: cuestiones CC.
- a partir de la literatura sobre los problemas de aprendizaje y su itinerario didáctico: preguntas CPC y respuestas típicas de los estudiantes.

A partir de una amplia gama de preguntas:

- Selección de nodos y preguntas que corresponden a los contenidos tratados en el curso universitario.

Estos cuestionarios ofrecen una serie de preguntas centradas en los principales nodos de aprendizaje de una materia disciplinar específica, que se construye a partir de las preguntas y las conclusiones de la investigación sobre el aprendizaje de los estudiantes.

Cada pregunta se divide en una parte CC, para explorar cómo un nodo conceptual específico es analizado por los profesores en formación, y una parte CPC, para explorar cómo el profesorado en formación discute las respuestas típicas de los estudiantes a la misma pregunta planteada en la parte CC.

A continuación se muestran algunos ejemplos de preguntas que aclaran la estructura. En el CPC sobre la energía, en base al principio de conservación de la energía se propone la siguiente situación y se plantean las siguientes preguntas:

- A) la energía no se conserva «porque se pierde»
- B) «la perdemos porque se ha transformado»
- C) «la energía existe sólo cuando se ha creado»
- D) «la energía fluye, de hecho, siempre debemos llenar el depósito de gasolina»
  - Discutir las diferentes afirmaciones de los estudiantes.
  - ¿Cuál es el nodo subyacente en cada una de ellas?
  - ¿Cómo se puede intervenir en cada uno de ellos con los estudiantes?

## La formación inicial del profesorado en Italia

Aunque el problema de la formación del profesorado surgió en Italia tras la Segunda Guerra Mundial, sólo después de 40 años se promulgó la Ley 341 de 19/11/1990, que institucionalizaba la formación universitaria tanto del profesorado de primaria como del de secundaria. Después de otros ocho años, en 1998 se puso en marcha el Grado en Ciencias en Educación Primaria (Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria - CdL) y en 1999 comenzó a funcionar la Escuela de Especialización para la Enseñanza Secundaria (Scuola di Specializzazione per l'Insegnamento Secondario – SSIS), la primera estructura institucional que ha previsto el reconocimiento de la necesidad de una formación inicial específica también para la enseñanza secundaria, ya que anteriormente sólo estaba previsto un curso específico en la escuela secundaria de segundo grado (magisterio) tan solo para la formación de los maestros de primaria.

Las razones de la demora hay que buscarlas en antiguas convicciones arraigadas y extendidas, sobre todo entre los incompetentes responsables de la formación del profesorado, basadas en la creencia de que el papel de la universidad al formar a profesores es simplemente proporcionar conocimiento disciplinar que se añade a la experiencia didáctica, en lugar de enfocarlo como un proceso que requiere de una formación específica orientada a su actividad profesional

En 2010, dos años después de la clausura de la anterior SSIS, el 10 de septiembre de 2010 apareció en el Decreto Núm. 249 del Ministerio de Instrucción, Universidad e Investigación (MIUR - Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca ) el reglamento relativo a la «Definición de la disciplina, de los requisitos y de la modalidad de la formación inicial del profesorado de infantil, primaria y secundaria de primer y segundo grado».

El artículo 1 define los objetivos del Reglamento, a saber: 1) requisitos y modalidad de la formación inicial del profesorado de: A) infantil, B) primaria C) secundaria (primero y segundo grado), y 2) métodos de ingreso.

El artículo 2 define los objetivos de la formación inicial de los docentes en los siguientes términos:

1. La formación inicial del profesorado está orientada a mejorar y potenciar la función docente mediante la adquisición de competencias disciplinares, psicopedagógicas, metodológicas y didácticas, organizativas y sociales necesarias para que los alumnos logren los resultados de aprendizaje previstos por la legislación.

2. Es parte integral de la formación inicial de los docentes la adquisición de las competencias necesarias para desarrollar y mantener la autonomía escolar.

Una ventaja de la demora es que el proyecto de formación de los docentes consagrado en la ley 249 y el posterior decreto de 1990 se consideró uno de los mejores proyectos europeos de formación del profesorado! (Buckberger *et al.* 2000).

Algunos elementos que lo caracterizan son:

- a) formación profesional insertada en la formación disciplinar,
- b) centra la profesión docente en las competencias transversales, didácticas, históricas y epistemológicas de la disciplina (excluyendo las enseñanzas disciplinares, excepto cuando haya contenidos que no se han tratado previamente),
- c) importancia de la formación (20 % en el CdL y 30 % en la SSIS),
- d) obligación de realizar actividades de laboratorio didáctico (10 % en el CdL y 20 % en la SSIS),
- e) el mismo peso (20 %) en la SSIS a la enseñanza común (A1), dirección (A2), laboratorio (A3) y transversales u opcionales (A4),
- f) valor otorgado a las conexiones entre las áreas (A1-A2-A3-A4) que participan en la formación,
- g) presencia de supervisores para la conexión escuela-universidad (anticipación de la reforma universitaria).

La formación inicial del profesorado ha sido un buen proyecto italiano mal aplicado, como muchos otros. Hay muchas causas en el origen de esta aplicación, entre las cuales cabe citar:

- suponer un contexto que no existe (ideal académico),
- representaciones basadas en viejos esquemas (por ejemplo, sobre la manera de realizar prácticas),
- pocas competencias efectivas (tanto en la universidad, como en la escuela).
- falta de voluntad para prepararse para esta nueva tarea,
- falta de las estructuras transversales necesarias (véase el artículo 5),
- falta de conexión con la escuela,
- nueva tarea: formar la profesionalidad,
- relación mala y ambigua con la escuela,
- relación muy débil o nula con la investigación educativa y didáctica,
- escuela poco activa y comprometida...

Algunas distorsiones importantes son peculiares del sistema educativo italiano, de las cuales procede la visión sobre la formación del profesorado:

1. Las enseñanzas del área A1 se han establecido en términos de conocimientos generales: un problema peculiar de la enseñanza universitaria, que hay que afrontar en la reforma.
2. Las enseñanzas del área A2 son disciplinarias o de crítica a los fundamentos disciplinares, en lugar de un análisis crítico de las propuestas educativas, así como de las herramientas y métodos de enseñanza.

3. Las actividades del área A3 son, a menudo, presentaciones de itinerarios didácticos de parte del profesorado de secundaria o actividades experimentales (ejecución de experimentos educativos), en las cuales el componente universitario asume una actitud pasiva o, incluso, de delegación (en el personal de la escuela).
4. El periodo de prácticas totalmente delegado en los supervisores.
5. La tendencia a gestionar la dirección de la SSIS por delegación del sector.

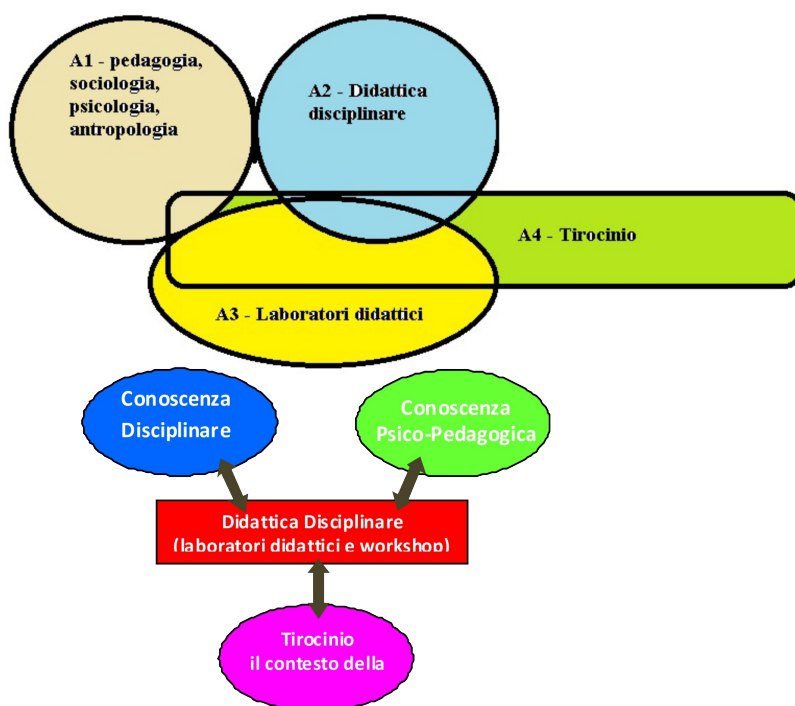
### La formación de los docentes en la escuela secundaria en Italia

El Decreto Ministerial 249/2010 - LM 95 define los criterios de formación para la enseñanza de las matemáticas, la física, la química y las ciencias naturales.

La estructura de la formación del profesorado en estas disciplinas tras el curso 1999/2000, en que se puso en funcionamiento la SSIS, y el 2008/2009, en que se clausuró la SSIS, incluía 4 años de estudios universitarios (licenciatura en Matemáticas, licenciatura en Física, licenciatura en Química, licenciatura en Ciencias Naturales), un examen de ingreso para la selección del número previsto de candidatos para acceder a la especialización de dos años (SSIS).

En el curso 2008/2009, de un total de 9000 docentes en formación matriculados en todas las SSIS de Italia en las diversas disciplinas, alrededor del 18 % asistieron al curso formativo de Ciencias, aproximadamente el 10 % asistió al curso formativo de Matemáticas-Informática-Física.

El programa de formación de la SSIS incluía la integración de la formación en: el conocimiento disciplinar, el conocimiento psicopedagógico, la didáctica de la disciplina (en el laboratorio de enseñanza y en talleres), las prácticas para conocer el contexto de la escuela. El esquema de la figura 5 ilustra las conexiones entre estas diferentes partes de la formación que encuentran en la integración y el elemento de desarrollo mutuo en el taller didáctico el punto crucial de la estructura y el verdadero motor del proceso de formación del profesorado.

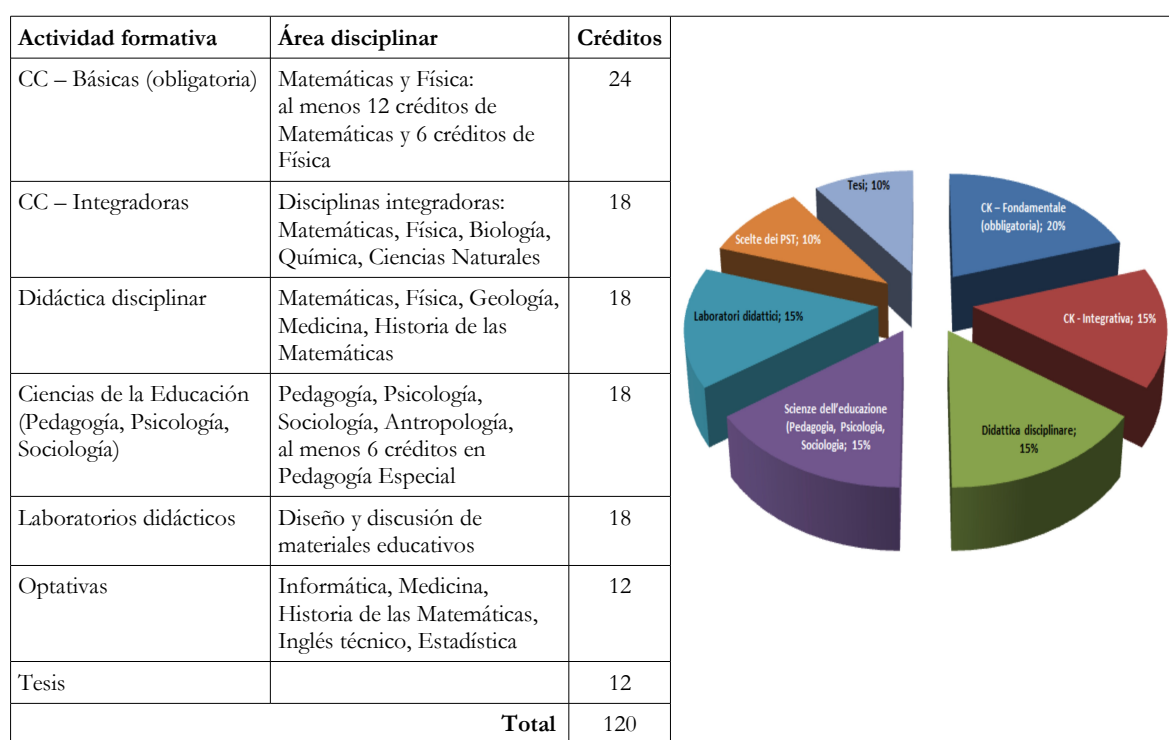


**Figura 5.** Estructura de la SSIS en que se basa la formación del profesorado de secundaria desde 2001 hasta 2009.

El plan de estudios incluía al menos 20 créditos para el área A1 de psicología y pedagogía en general; al menos 20 créditos para el área A2 de didácticas disciplinares; al menos 25 créditos para el área de laboratorios docentes y didácticos; al menos 25 créditos para las prácticas (10 créditos más podrían elegirse de forma optativa).

La nueva estructura de la formación del profesorado, tal como ha sido publicada en el Decreto Ministerial 249/2010 - LM 95, establece lo siguiente: una formación de grado de tres años de la disciplina específica (Bachelor), dos años de Máster, un número de estudiantes seleccionados en base a unas pruebas de acceso específicas. El curso anual específico de formación del profesorado se denominada Práctica Formativa Activa (TFA - Tirocinio Formativo Attivo).

En la figura 6 y en la tabla 1 se muestra el resumen de los créditos para el máster en la única clase de habilitación que hasta ahora activada por el ámbito científico del Decreto Ministerial 249/2010 - Sup. Núm. 23, es decir, la clase A059 - Matemáticas y ciencias en la escuela secundaria de primer grado (escuela media de 11 a 15 años).



**Figura 6.** Actividades formativas por área disciplinar previstas por la LM 95 – Clase de habilitación A059 - Matemáticas y ciencias en la escuela secundaria de primer grado (DM 249/2010 - Suplemento ordinario Núm. 23/L, *Gazzetta Ufficiale* de 31-1-2011).

En la figura 7 y en la tabla 2 se resumen las principales características de las Prácticas de Formación Activa, el curso anual que desde el año 2013 ha sustituido a la Escuela de Especialización de Enseñanza en la Escuela Secundaria (SSIS), de duración bianual, que estuvo en funcionamiento desde 2001 hasta 2009.

Para la coordinación y realización de las actividades de formación práctica desarrolladas en las escuelas, se proporcionan profesores tutores nombrados por la universidad.

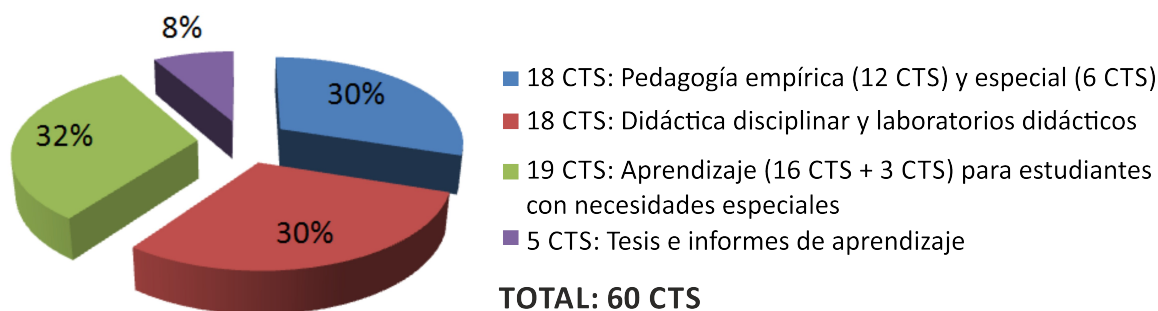
**Tabla 1.** Requisitos previos y contenidos integradores de las actividades formativas de la LM95 - Clase de habilitación A059 - Matemáticas y ciencias en la escuela secundaria de primer grado (DM 249/2010 - Suplemento ordinario Núm. 23/L, *Gazzetta Ufficiale* de 31-1-2011)

| Caso | Requisitos previos                                                             | Contenidos integradores                                                                                                 |
|------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a    | 30 créditos de Matemáticas                                                     | Física/Química/Geología/Biología                                                                                        |
| b    | 30 créditos de Química/Geología/Biología                                       | 6 créditos de Matemáticas<br>+ 12 créditos de Matemáticas y Física                                                      |
| c    | 30 créditos de Física                                                          | 6 créditos de Matemáticas<br>+ 12 créditos de Matemáticas/Química/Geología/Biología                                     |
| d    | 30 créditos de Matemáticas + 30 de Física<br>+ 30 de Química/Geología/Biología | 6 créditos de Matemáticas<br>+ 6 créditos de Física/Informática/Tecnología<br>+ 6 créditos de Química/Geología/Biología |
| e    | > 30 créditos de Matemáticas<br>+ > 30 créditos de Física                      | a) o c)                                                                                                                 |
| e    | > 30 créditos de Matemáticas<br>+ > 30 créditos de Biología/Química/Geología   | a) o b)                                                                                                                 |
| e    | > 30 créditos de Física<br>+ > 30 créditos de Biología/Química/Geología        | b) o c)                                                                                                                 |

Para llevar a cabo las actividades de las Prácticas de Formación Activa se requiere la participación de dos tipos de profesorado experto: a) tutores coordinadores con dedicación a tiempo parcial (50 %) en la universidad, y b) tutores de los alumnos que realizan las prácticas en la escuela. En los cursos de Máster en Didáctica de la Física/Matemáticas y de Ciencias de la vida también intervienen tutores organizadores, con dedicación a tiempo completo (100 %) en la Universidad.

A los tutores coordinadores se les confía la tarea de:

- orientar y gestionar las relaciones con el tutor, asignando los estudiantes a las diferentes clases y escuelas, y formalizando el proyecto de prácticas de cada alumno;
- garantizar la formación del grupo de estudiantes mediante la actividad de prácticas indirectas y el examen de los materiales de la documentación producida por los estudiantes en las actividades prácticas;
- supervisar y evaluar las actividades de las prácticas directas e indirectas;
- seguimiento de los informes finales sobre las actividades en el aula.



**Figura 7.** Créditos por área y su distribución porcentual en el curso anual de las Prácticas de Formación Activa (TFA - Tirocinio Formativo Attivo).

Los tutores de los alumnos en prácticas tienen la tarea de guiar a los estudiantes en lo que respecta a los temas organizativos y didácticos de la escuela y de las diferentes actividades y prácticas en el aula. Han de acompañar y supervisar la inclusión en el aula y la gestión directa de los procesos de enseñanza de los estudiantes en prácticas. Los profesores encargados de realizar las tareas antes mencionadas son designados por los coordinadores didácticos y los directores de las escuelas que participan en las actividades, de acuerdo con el artículo 12, entre los docentes en servicio con contrato permanente en dichas escuelas y que así lo hayan solicitado.

Los tutores organizadores son responsables de:

- a) organizar y gestionar las relaciones entre la universidad, las escuelas y sus directores;
- b) gestionar toda la actividad administrativa relacionada con los tutores coordinadores, la relación con las escuelas y con el Consejo Escolar Regional (USR - Ufficio Scolastico Regionale), la relación con los alumnos y las actividades de formación en general;
- c) coordinar la distribución de los alumnos en los diferentes centros escolares;
- d) asignar a los tutores coordinadores, cada año, la cuota de los estudiantes que realizarán las actividades prácticas.

**Tabla 2.** Puntuaciones asignadas en el examen final de las Prácticas de Formación Activa (TFA) y composición de la comisión del examen final.

| Puntos asignados en el examen final del TFA                                            | Puntos     | Composición de la Comisión |                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Actividad de las prácticas                                                             | 30         | 1                          | Representante universitario del Departamento involucrado (Presidente)           |
| Presentación de un plan de formación seleccionado por la Comisión                      | 30         | 3                          | Docentes universitarios que participan en el TFA                                |
| Discusión de un informe final sobre el trabajo realizado durante las prácticas activas | 10         | 2                          | Tutores                                                                         |
| Puntuación de la prueba final                                                          | 30         | 1                          | Representante del Consejo Escolar Regional (USR - Ufficio Scolastico Regionale) |
| <b>Total</b>                                                                           | <b>100</b> |                            |                                                                                 |

Actualmente, las Prácticas de Formación Activa (TFA - Tirocinio Formativo Attivo) tan solo se han puesto en marcha para las clases A038-Física durante dos años en los institutos técnicos y A049-Matemáticas y Física en los institutos de enseñanza secundaria. La selección de candidatos se llevó a cabo a través de una prueba en dos niveles: prueba nacional (60 preguntas de cultura general y cultura científica, en julio de 2012) y examen local (problemas y examen de laboratorio, en septiembre de 2012).

Los cursos han comenzado a impartirse desde enero de 2013.

## Consideraciones finales

El desarrollo de las competencias profesionales no puede recaer en el trabajo individual del profesorado. La comprensión conceptual requiere el análisis de cursos didácticos; los núcleos y nodos de aprendizaje son fundamentales para construir un lenguaje basado en términos cotidianos –sin ambigüedades– para la descripción primaria de los fenómenos y su interpretación.

Los cuestionarios sobre los nodos de aprendizaje promueven el conocimiento conceptual y el conocimiento de contenidos (CCo-CC), la integración entre el conocimiento de contenidos (CC) y el conocimiento pedagógico (CP), la reflexión sobre los razonamientos de los niños en el proceso de enseñanza-aprendizaje, la atención al razonamiento de los estudiantes.

Ocho tipos de actividades parecen ser particularmente útiles para el desarrollo profesional en la Formación Inicial del Profesorado:

1. Reflexión sobre los conceptos y los nodos desde diferentes perspectivas (CC–CPC).
2. Discusión en grupo de los conceptos y los nodos.
3. Análisis y discusión de los itinerarios didácticos.
4. Cuestionarios sobre los nodos de aprendizaje.
5. Diseño de módulos de intervención educativa.
6. Pruebas de microenseñanza monitorizando los procesos de aprendizaje.
7. Prácticas con responsabilidad sobre los resultados de aprendizaje de la clase.
8. Codiseño entre la escuela y la universidad de las actividades educativas.

Actualmente, la formación inicial de los profesores actúa como un puente entre la investigación en la didáctica de la física y la práctica docente.

## Referencias

- Aiello-Nicosia M. L., Balzano E., Bergomi N., Borghi L., Giordano E., Capocchiani V., Corni F., de Ambrosis L. A., Marioni E. C., Mascheretti P., Mazzega E., Michelini M., Robutti O., Santi L., Sassi E., Sperandeo-Mineo R. M., Viglietta L., Vegni G., Violino P. (1997) Teaching mechanical oscillations using an integrated curriculum. *International Journal of Science Education* 19(8), 981-995.
- Anderson L. M., Evertson C. M., Brophy J. E. (1979) An experimental study of effective teaching in first-grade reading groups. *The Elementary School Journal* 79(4), 193-223.
- Eylon B., Bagno E. (2006) Research-design model for professional development of teachers: Designing lessons with physics education research. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 2, 020106 (14 pp.).
- Bohicchio M., Longo A., Michelini M., Stefanel A. (2005) Learning Objects for Blended Activities and Pre-Service Teachers Formation in Physics, en R. Pintò, D. Couso (eds.), *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions to Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*. Barcelona. European Science Education Research Association (ESERA).
- Borko H., Putnam R. T. (1996). Learning to teach, pp. 673-708 en D. C. Berliner, R. C. Calfee (eds.), *Handbook of educational psychology*. Nueva York. MacMillan.
- Bosio S., Di Pierro A., Meneghin G., Michelini M., Parmeggiani P., Santi L. (1999) A multimedial proposal for informal education in the scientific field: a contribution to the bridge between everyday life and scientific knowledge, en K. Papp, Z. Varga, I. Csizsar, P. Sik (eds.), *European Multimedia Workshop (Lille, 1998)*, *International Conference on Science Education for the 21st Century - SciEd21 Book*. Szeged University.

- Bosio S., Capocchiani V., Michelini M., Pugliese Jona S., Sartori C., Scillia M. L., Stefanel A. (1997) Playing, experimenting, thinking: exploring informal learning within an exhibit of simple experiments, en *New Way for Teaching*. Ljubljana. Girep book.
- Buckberger F., Campos B. P., Kallos D., Stephenson J. (2000) *Green Paper on Teacher Education in Europe*. Thematic Network on Teacher Education in Europe. European Commission (DG XXII). Umeå.
- Bradamante F., Fedele B., Michelini M. (2005) Children's spontaneous ideas of magnetic and gravitational fields, en R. Pintò, D. Couso (eds.), *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions to Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*. Barcelona. European Science Education Research Association (ESERA).
- Calderhead J. (1996) Teachers: Beliefs and knowledge, pp. 709-725 en D. C. Berliner, R. C. Calfee (eds.), *Handbook of educational psychology*. New York. MacMillan.
- Cassan C., Michelini M. (eds.) (2010) *ESERA10 Summer School*, section E and F. Booklet of ESERA 2010 Summer School. Università di Udine.
- Cobal M., Corni F., Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2002) A resource environment to learn optical polarization, en *Physics in new fields*. Girep International Conference Proceedings. Lund.
- Colonnese D., Heron P., Michelini M., Stefanel A. (2012) A vertical pathway for the teaching and learning of energy. *Review of Science, Mathematics and Its Education* 6(1), 21-50.
- Corni F., Michelini M., Stefanel A. (2004) Strategies in formative intervention modules for physics education of primary school teachers: a coordinated research in Reggio Emilia and Udine, pp. 382-386 en M. Michelini (ed.), *Quality Development in the Teacher Education and Training*. Selected papers in Girep book, Forum, Udine.
- Corni F., Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2005) Sensori on-line per la formazione iniziale di insegnanti in fisica a Udine, Modena e Bolzano, pp. 1149-1161 en M. Michelini, M. Pighin (eds.), *Comunità Virtuale dalla Ricerca all'Impresa dalla Formazione al Cittadino*, Vol. 2, Contribuciones seleccionadas en el XLIII Congreso Annuale AICA 2005, AICA - Università di Udine, Forum, Udine.
- Constantinou C. (2010) *Design based research as a framework for promoting research-informed adoptions of inquiry oriented science teaching*. ESERA Summer School, Udine.
- Duit R., Gropengießer H., Kattmann U. (2005) pp. 1-9 en H. E. Fischer (ed.), *Developing standards in research on science education: The ESERA Summer School 2004*. Londres. Taylor & Francis.
- Duit R. (2006) *Science Education Research – An Indispensable Prerequisite for Improving Instructional Practice*. ESERA Summer School, Braga.
- Duit R. (2008) Physics Education Research – Indispensable for Improving Teaching and Learning, pp. 2-10 en R. Jurdana-Sepic et al. (eds.), *Frontiers of Physics Education*. Rijeka. Zlatni.
- Duit R. (2009) *Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*.
- Elbaz F. (1983) *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. New York. Nichols.
- Fedele B., Michelini M., Stefanel A. (2005) 5-10 years old pupils explore magnetic phenomena in Cognitive Laboratory (CLOE), en R. Pintò, D. Couso (eds.), *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*. Barcelona.

- Fensham P. (2001) Science content as problematic-issues for research, en H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Graber, M. Komorek, A. Kross, P. Reiska (eds.), *Research in Science Education – past, present, and future*. Dordrecht. Kluwer.
- Fischer H. E. (ed.) (2005) *Developing Standard in Research on Science Education: The ESERA Summer School 2004*. Londres. Taylor & Francis, pp.1-9.
- Fischer H. E., Klemm K., Leutner D., Sumfleth E., Tiemann R., Wirth J. (2005) Framework for Empirical Research on Science Teaching and Learning. *Journal of Science Teacher Education* 16, 309-349.
- Gess-Newsome J. (1999) Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation, pp. 3-17 en J. Gess-Newsome, N. G. Lederman (eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht. Kluwer.
- Heron P., Michélini M., Stefanel A. (2011) Evaluating pedagogical content knowledge of energy of prospective teachers, pp. 147-161 en D. Raine, C. Hurkett, L. Rogers (eds.), *Physics Community and Cooperation, Vol. 2*, GIREP-EPEC & PHEC 2009 International Conference. Lulu / The Centre for Interdisciplinary Science. University of Leicester. Lulu.
- Hestenes D. (2007) Notes for a modeling theory of science, cognition and instruction, pp. 34-65 en E. van den Berg, T. Ellermeijer, O. Slooten (eds.), *Modelling in Physics and Physics Education*, Proceedings of GIREP Conference 2006. Amsterdam. GIREP-Amstel.
- IJSE (2011) *International Journal of Science Education* 33, 1.
- Pugliese Jona S., Michélini M. (2001) Development of a Lab-oriented Hypertextual Teacher Training and Classroom materials: an example from Geiweb, p. 679 en R. Pinto, S. Surinach (eds.), *Physics Teacher Education Beyond 2000 (Phytec2000)*, GIREP book - Selected contributions of the Phytec2000 International Conference. París. Elsevier.
- Lumbelli L. (1996) Focusing on text comprehension, en C. Cornoldi, J. Oakhill (eds.), *Reading comprehension difficulties*. Mahwah, NJ. Erlbaum.
- Magnusson S., Krajcik J., Borko H. (1999) Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science teachers, pp. 95-132 en J. Gess-Newsome, N. G. Lederman (eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education*. Dordrecht. Kluwer.
- Marucci G., Michélini M., Santi L. (2001) The Italian Pilot Project LabTec of the Ministry of Education, p. 607 en R. Pintó, S. Surinach (eds.), *Physics Teacher Education Beyond 2000 (Phytec2000)*, GIREP book - Selected contributions of the Phytec2000 International Conference. París. Elsevier.
- McDermott L. C., Shaffer P. S., Constantinou C. P. (2000) Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Physics Education* 35(6), 411-416.
- Michélini M., Mossenta A., Benciolini L. (2000) Teachers answer to new integrated proposals in physics education: a case study in NE Italy, p. 149 en E. Mechlova (ed.), *Information and Communication Technology in Education*, International Conference Proceedings. University of Ostrava.
- Michélini M., Meneghin G. (1997) Heat and temperature: a hypertext documentation of a school experience planned as a support for teacher training, European Multimedia Workshop 1997, *Wirescript Magazine*, abril 2000.

- Michelini M., Santi L., Stefanel A., Meneghin G. (2002) A resource environment to introduce quantum physics in secondary school, *Proceedings International MPTL-7*.
- Michelini M. (ed.). (2004) *Quality Development in the Teacher Education and Training*. Selected papers in GIREP book, Forum, Udine.
- Michelini M. (2004) L'educazione scientifica nel raccordo territorio/università a Udine, Forum, Udine.
- Michelini M., Stefanel A., Longo A. (2005) Blended Activity using Learning Objects in Web Open Environments for Primary School Teachers Formation in Physics Education, pp.103-112 en *Physics Teaching and Learning*, selected paper in GIREP book, dedicated to the memory of professor Arturo Loria, Forum, Udine.
- Michelini M. (2006) The Learning Challenge: A Bridge Between Everyday Experience And Scientific Knowledge, pp. 18-39 en G. Planinsic, A. Mohoric (eds.), *Informal Learning and Public Understanding of Physics*. Selected papers in GIREP book. Ljubljana.
- Michelini M., Stefanel A. (2006) Hands-on sensors for the exploration of light polarization, pp. 202-208 en G. Planinsic, A. Mohoric (eds.), *Informal Learning and Public Understanding of Physics*. Selected papers in GIREP book. Ljubljana.
- Michelini M. (2010) Building bridges between common sense ideas and a physics description of phenomena to develop formal thinking, pp. 257-274 en L. Menabue, G. Santoro (eds.), *New Trends in Science and Technology Education. Selected Papers, Vol. 1*. CLUEB Bologna.
- Michelini M., Viola R. (2009) *Blended Modality in Implementing an European Project on Curricular Innovation for Research Based in-Service Teacher Training on Superconductivity*. MPTL14 Proceedings.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2010) Thermal sensors interfaced with computer as extension of senses in kindergarten and primary school, en M. Michelini, R. Lambourne, L. Mathelisch (eds.), *Multimedia in Physics Teaching and Learning*. Bologna SIF. *Il Nuovo Cimento C* 33(3), 171-179. *NIFCAS* 33(3).
- Michelini M., Mossenta A. (2011) *Building a PCK Proposal for Primary Teacher Education in Electrostatics*, en *Teaching and Learning Physics today: Challenges? Benefits?*, International Conference GIREP-ICPE-MPTL 2010 Proceedings. Université de Reims Champagne Ardenne, Reims, 22-27 August 2010.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A., Vercellati S. (2011) *Community of prospective primary teachers facing the relative motion and PCK analysis*, en *Teaching and Learning Physics today: Challenges? Benefits?*, International Conference GIREP-ICPE-MPTL 2010 Proceedings. Université de Reims Champagne Ardenne, Reims 22-27 August 2010.
- Michelini M., Sperandeo R. M. (2011) *Challenges in Primary and Secondary Science Teachers Education and Training*, en *Teaching and Learning Physics today: Challenges? Benefits?*, International Conference GIREP-ICPE-MPTL 2010 Proceedings. Université de Reims Champagne Ardenne, Reims 22-27 August 2010.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2012) PCK approach for prospective primary teachers on energy, en F. Tasar (ed.), *Selected Paper of World Conference on Physics Education*.
- Niedderer H. (2010) Content-specific research in science education, ESERA Summer School, Udine.

- OECD (2007) *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world, Vol. I: Analysis*. Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD Paris.
- Olsen R. V., Prenzel M., Martin R. (2011) Interest in Science: A many-faceted picture painted by data from the OECD PISA study. *International Journal of Science Education* 33(1), 1-6.
- Park S., Oliver J. (2008) Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education* 38(3), 261-284.
- Rohaan E., Taconis R., Jochems W., Lange K., Kleickmann T., Moeller K., Schmelzing S., Wuesten S., Sandmann A., Neuhaus B., Riese J., Reinhold P., Olszewski J., Neumann K., Fischer H. E. (2010) Different approaches to measure teachers' pedagogical content knowledge, pp. 59-60 en G. Çakmakci, M. F. Taşar (eds.), *Contemporary science education research: scientific literacy and social aspects of science, Book 1*. Ankara. Pegem Akademi.
- TIMSS (2007) *Trends in International Mathematics and Science Study*.
- TIMSS (2008) TIMSS Advanced 2008 che ha coinvolto 10 countries: AM, IR, IT, LB, NL, NO, PH, RU, SI, SE).
- Steps Two (2012) *Stakeholders Tune European Physics Studies - Two*. Erasmus Academic Network.
- Shulman L. S. (1981) Disciplines of inquiry in education: An overview. *Educational Researcher* 10(6) 5-12, 23.
- Shulman L. S. (1986) Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15(2), 4-14.
- Shulman L. S. (1987) Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review* 57(1), 1-22.
- Sokoloff D. R., Lawson P. W., Thornton R. K. (2004) *Real Time Physics*. Nueva York. Wiley.
- Stefanel A., Moschetta C., Michelini M. (2002) Cognitive Labs in an informal context to develop formal thinking in children, pp. 276-283 en M. Michelini, M. Cobal (eds.), *Developing Formal Thinking in Physics*. GIREP book of selected papers, Forum, Udine.
- Taşar M. F., Çakmakcı G. (eds.) (2010) *Contemporary science education research, Vol. 2: Preservice and inservice teacher education*. Ankara. Pegem Akademi.
- Theodorakakos A., Hatzikraniotis E., Psillos D. (2010) "PEC task explorer": a tool for ICT supported learning in science, pp. 75-83 en C. Constantinou *et al.* (eds.), CBLIS 2010 Conference. Oelizk, Warsaw.
- Thornton R. K., Sokoloff D. R. (1999) Learning motion concepts using real-time microcomputer-based lab tools, *American Journal of Physics* 58(9), 858-867.
- Titulaer U. M. (2012) Steps Two: European Benchmarks for Physics Teacher Education Degrees Document by: U. M. Titulaer (Linz, Austria). Task force members: O. Caltun (Iasi, RO); E. Cunningham (Dublin, IE); G. Kui, E. van den Berg (Amsterdam, NE); M. Michelini (Udine, IT); G. Planinsic (Ljubljana, SI); E. Sassi (Napoli, IT); U. Titulaer (Linz, AT) [Chair]; R. van Peteghem (Antwerpen, BE); F. van Steenwijk (Groningen, NL); V. Vitoratos (Patras, GR). 74 Physics Departments from 32 countries, supported by the EU and EPS, Working Group 1: Physics, curricula after Bologna, Working Group 3: Physics, Teacher Education. Presentado en WCPE. Istanbul 2012.

- Viennot L. (2008) Attracting students towards physics- A Question of topics?, pp. 34-43 en R. Jurdana-Sepic *et al.* (eds.), *Frontiers of Physics Education*. Rijeka. Zlatni.
- Viennot L., Chauvet F. O., Colin P., Rebmann G. (2005) Designing strategies and tools for teacher training: The role of critical details, examples in Optics. *Science Education* 89(1), 13-27.
- Vollmer M. (2003) Physics teacher training and research in physics education: results of an inquiry by the European Physical Society. *European Journal of Physics* 24, 131-147.
- Vosniadou S. (2007) Conceptual change and education. *Human Development* 50, 47-54.
- Vosniadou S. (ed.) (2008) *International Handbook of Research on Conceptual Change. Educational Psychology Handbook*. Mahwah, NJ. Erlbaum.