

**APRENDER A ENSEÑAR CIENCIAS:  
ANÁLISIS DE UNA PROPUESTA PARA LA FORMACIÓN  
INICIAL DEL PROFESORADO DE SECUNDARIA,  
BASADA EN LA METACOGNICIÓN**

**Trabajo de Investigación realizado por:**

**FANNY ANGULO DELGADO**

**Dirigido por:**

**Dra. M. PILAR GARCÍA i ROVIRA**

**UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA  
Facultat de Ciències de l'Educació  
Departament de Didàctica de la Matemàtica i  
les Ciències Experimentals  
Bellaterra, Enero del 2002**

**APRENDER A ENSEÑAR CIENCIAS:  
ANÁLISIS DE UNA PROPUESTA PARA LA FORMACIÓN  
INICIAL DEL PROFESORADO DE SECUNDARIA,  
BASADA EN LA METACOGNICIÓN**

**Trabajo de Investigación realizado por:**

**FANNY ANGULO DELGADO**

**Para optar por el título de Doctor, que ofrece el  
Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals,  
de la Facultat de Ciències de l'Educació de la  
Universitat Autònoma de Barcelona**

**Bellaterra, Enero del 2002**

## AGRADECIMIENTOS

En esta página quiero hacer un reconocimiento a las entidades sin cuyo apoyo no hubiera podido llevar a cabo esta investigación:

*Al Instituto de Cooperación Iberoamericana – ICI, entidad que me respaldó con una beca de la cual gocé entre octubre de 1994 y Junio de 1996, para desarrollar los cursos de doctorado y presentar el trabajo de investigación previo a este estudio, para obtener el título de Magister que ofrece el Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona.*

*A la Universidad de Antioquia (institución con la cual trabajo desde marzo de 1997), en la persona del Sr. Rector, Dr. Jaime Restrepo Cuartas y de los Honorables Miembros del Comité de Desarrollo del Personal Docente, de la Vice – Rectoría de Docencia y muy especialmente, a los miembros del Consejo de la Facultad de Educación. Gracias a la mediación de todas estas personas tuve el apoyo de la Universidad, con una comisión de estudios de tres años y medio para terminar esta etapa de mi formación doctoral. Además, el respaldo de la Universidad de Antioquia, fue decisivo para aplicar a la beca ofrecida por COLCIENCIAS.*

*Al Instituto Colombiano para el Avance de la Ciencia y la Tecnología ‘Francisco José de Caldas’ – COLCIENCIAS, en la persona del Dr. Fernando Chaparro Osorio. Esta entidad me respaldó con la beca que disfruté entre octubre de 1998 y diciembre del 2001, para realizar la investigación que se reporta en este informe y finalizar estudios doctorales.*

En esta página quiero hacer un reconocimiento a las personas que pusieron todo su esfuerzo y colaboración para llevar a cabo esta investigación.

### ***Muchísimas Gracias:***

A la *Dra. M. Pilar García i Rovira*, porque sus ideas y el esfuerzo por actuar en función de ellas, son la base de este estudio. Por enseñarme a investigar, creando un ambiente de aprendizaje óptimo para mi propia regulación; por enseñarme a formar profesores desde un modelo constructivista y por mostrarme cómo se podía escribir sobre la formación del profesorado; por su paciencia y su respeto hacia mis ideas; por darme las suyas; por reírse conmigo mientras discutíamos las interpretaciones y por su compromiso ético y moral con esta investigación, que la llevó a sacrificar demasiadas horas de su tiempo personal.

A la *Dra. Neus Sanmartí i Puig*, por el enorme aporte teórico que ha hecho sobre la formación de los futuros profesores de ciencias y que ahora, nos permite concretar las ideas de este estudio. Por sus valiosos consejos, por escucharnos cuando más lo necesitábamos y por ser un gran modelo profesional y humano a imitar.

A las *Dras. Mercé Izquierdo Aymerich y Amparo Tusón Vals*, por su interés en ayudarnos a construir un marco teórico y metodológico adecuado, tarea con la cual la *Dra. Mariona Espinet* y el *Dr. Hans Fischer* también contribuyeron.

A los estudiantes *Mónica Jara, Montserrat Franco, Alaitz Zabala, Olga Chapinal, Laura Pérez, David Díaz y Oriol Cañís* y a las profesoras *Núria Serra, Montserrat Homar y Eulàlia Picas*, por haber colaborado con esta investigación. Por su espontaneidad, por su tiempo, por dejarnos conocer los detalles de sus aprendizajes sobre la enseñanza de las ciencias.

A todos los estudiantes del curso de '*Didáctica de las Ciencias*' 99 – 00, por haberme permitido participar de su curso y aprender con ellos.

A mis compañeros *Rita Linares, Digna Couzo, Agustín Adúriz – Bravo, Diana Hugo, Oscar Tamayo y Héctor Pedrol*, por atender con rapidez y eficiencia a leer y comentar interminables textos, por prestar sus opiniones para argumentar una idea, fragmentarla, buscar sus debilidades y fortalezas, reconstruirla y corregirla, así como para inventar ánimos de donde no teníamos y seguir adelante.

A mi compañera y amiga *Omayra Pérez*, por sus inmensos valores humanos, por enseñarme a ver la vida y las ideas desde otras dimensiones, por inyectarme enormes y concentradas dosis de aliento cuando más las necesitaba, por usar su talento con los ordenadores para ayudarme a diseñar la presentación de este trabajo y por deshacer los problemas informáticos que tan hábilmente yo creaba.

A todos los profesores, compañeros y personal administrativo del *Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona*, por sus favores a tiempo y por un trabajo tan bien hecho.

A los miembros del *Servei d'Aplicacions Educatives, Secció de Mitjans Audiovisuals de la Facultat de Ciències de l'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona*, por toda su colaboración con el préstamo de las cámaras de vídeo y accesorios para la grabación de las clases, así como por ayudarnos en la edición de algunos materiales.

A *Carlos Soto, Marta Luz Ramírez, Berta Henao, Joaquín García* y a todos los demás compañeros del *Grupo de Enseñanza de las Ciencias Experimentales - GECE, de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia*, porque estuvieron pendientes de los progresos de este trabajo y estando en Colombia o en España, siempre hacían llegar una voz de aliento.

A *Rodrigo Covalada, Yolanda Beltrán* y todos los compañeros del *Seminario de Enseñanza de las Ciencias de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia*, porque después de estar durante el año 1998 - 1999, atormentándolos a ellos, a los compañeros del *GECE* y a otros excelentes profesionales de la Facultad de Educación, hablando cada semana de la formación de los futuros profesores, les quedaron ganas de seguir siendo mis amigos y de nunca faltar con una palabra cariñosa o un chiste, para darme ánimos cuando más los necesitaba.

A *mi madre*, mi primera maestra, quien con su espíritu abierto a explorar nuevos horizontes, su fortaleza interior y su amor, me enseñó que en una cultura como la nuestra, 'la educación es la fuerza de la mujer'.

A *mi padre*, quien con su ejemplo me ha enseñado lo que es la tenacidad y la constancia. Por su gran amor y su fe en mí.

A *mis hermanos*, un par de hombres maravillosos y excelentes profesores, a quienes debo tantos momentos felices, porque siempre han estado pendientes de hacerme llegar todo su cariño.

A *Jorge Iván Ríos*, por su amor.

# TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
ANTECEDENTES.....	15
<i>Las Propuestas Constructivistas de Formación del Profesorado buscan que Cambie su Modelo de Enseñanza</i>	
1. ¿Qué es una Propuesta Constructivista de Formación del Profesorado de Ciencias?.....	17
2. Algunas Propuestas Constructivistas de Formación del Profesorado de Ciencias... 19	
2.1. El Profesor de Ciencias como Investigador.....	20
2.2. Constructivismo y Práctica Reflexiva.....	26
2.3. El Desarrollo Metacognitivo de los Profesores en Formación Inicial.....	40
2.4. Un Profesor de Ciencias que se Autoevalúa.....	51
EL PROBLEMA A INVESTIGAR Y LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	55
MARCO TEÓRICO	
PRIMERA PARTE:	
<i>Un Modelo Didáctico para la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias de Secundaria</i> .....	67
<b>Capítulo 1. Precisiones en torno a un Modelo Didáctico para la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias de Secundaria</b>	
1. ¿Qué es un Modelo de Enseñanza?.....	69
2. Características del Modelo Didáctico para la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias Naturales.....	72
2.1. Componentes del Modelo Didáctico.....	73
2.2. El Enfoque Socio – Constructivista del Modelo de Formación Inicial.....	83
2.3. Funciones de la Evaluación en el Modelo Constructivista para la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias. La Evaluación como Regulación de los Aprendizajes.....	91
2.4. Las Actividades de Enseñanza – Aprendizaje – Evaluación y el Ciclo de Aprendizaje.....	96
SEGUNDA PARTE	
<i>Aprender a Enseñar Ciencias con un nuevo modelo didáctico, implica formar un Profesor Metacognitivo</i> .....	105
<b>Capítulo 2. Aprender a Enseñar Ciencias con un Modelo Constructivista</b>	
1. ¿Qué entendemos por ‘Aprender a Enseñar Ciencias’?.....	109
2. Aprender a Enseñar Ciencias y Metacognición.....	110
2.1. ¿Qué es la Metacognición?.....	110
2.1.1. Enfoques desde los que se ha investigado la Metacognición.....	114

2.1.1.1. El Procesamiento de la Información.....	114
2.1.1.2. La Teoría de Piaget.....	117
2.1.1.3. La Teoría de Vygotski.....	118
2.1.2. Algunos términos asociados a la Metacognición.....	120
2.1.2.1. Conocimiento Declarativo y Conocimiento Procedimental.....	120
2.1.2.2. Aprendizaje Autorregulado.....	121
2.1.2.3. La Metacompreensión.....	125
2.1.2.4. Conocimiento Estratégico y Conocimiento Situacional o Condicional.....	127
2.1.2.5. El Metaconocimiento.....	131
2.2. El papel de la Reflexión.....	133
2.3. Las Características de un Profesor de Ciencias Metacognitivo.....	139
3. ¿Por qué Formar un Profesor de Ciencias Metacognitivo?.....	141

### **Capítulo 3. El Futuro Profesor de Ciencias Metacognitivo se Forma desde un Modelo de Enseñanza Constructivista**

1. El Futuro Profesor de Ciencias Aprende a Enseñar Orientando, Ejecutando y Regulando la Acción. La Teoría de la Actividad.....	144
2. El Futuro Profesor de Ciencias Aprende a Enseñar con un Curso de ‘Didáctica de las Ciencias’ que incorpore la Función Reguladora de la Evaluación.....	150
2.1. ¿Qué Características tienen las Actividades de Enseñanza – Aprendizaje – Evaluación de este curso?.....	150
2.2. Ejemplo de una Secuencia y del Ciclo de Aprendizaje sobre ‘Actividades de Aprendizaje’.....	155
3. El Futuro Profesor de Ciencias Aprende a Enseñar si el Curso favorece la Interacción Social.....	158
3.1. La Evaluación mutua: El Grupo de Trabajo Colaborativo.....	158
3.2. La Coevaluación: El papel de las Profesoras Formadora y Tutora.....	162
3.3. La Autoevaluación: Ser capaz de Regular el propio Aprendizaje.....	166

### **DISEÑO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION**

1. Contexto de la Investigación.....	173
2. Tipo de estudio.....	176
2.1. La Metodología Longitudinal.....	176
2.2. El Estudio de Casos.....	177
3. Características de los Participantes de la Investigación.....	178
3.1. La Profesora – Formadora.....	178
3.2. Las Profesoras – Tutoras.....	179
3.3. Los Estudiantes o Futuros Profesores.....	179
4. La técnica del SPEAKING.....	180
5. La Interacción Social: Instrumentos para Recolectar la Información y Criterios de Selección.....	184
5.1. Grabaciones de las sesiones de Trabajo en Grupos Colaborativos durante el curso de ‘Didáctica de las Ciencias’: La Evaluación Mutua.....	185
5.2. Grabaciones de Reuniones sobre la Planificación de algunas actividades:	

La Coevaluación.....	187
5.3. La Gráfica de Encadenamiento Temático.....	188
6. La Evolución del Modelo de Enseñanza de las Estudiantes:	
Instrumentos para Recolectar Información.....	189
6.1. Entrevistas.....	189
6.1.1. Entrevista Inicial.....	191
6.1.2. Entrevistas Antes y Después de las clases.....	192
6.1.3. Entrevista Final.....	194
6.1.4. Entrevista de Estimulación del Recuerdo.....	196
6.2. Documentos Escritos.....	198
6.2.1. ‘El Profesor Ideal’.....	198
6.2.2. Los Diarios.....	199
6.2.3. El Diario de Prácticas.....	201
6.2.4. La Memoria o Informe de Fin de Curso.....	202
6.3. La Grabación en Vídeo de las Clases de las Estudiantes.....	203
7. Criterios para Seleccionar la Información sobre el Modelo de Enseñanza de las Estudiantes y Estrategia de Análisis de la Información.....	205
8. El Proceso de Triangulación.....	215
9. La Construcción de los Estudios de Caso.....	216

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

1. La Influencia de la Interacción Social para potenciar la Reflexión Metacognitiva de los Estudiantes.....	221
1.1. El Trabajo en Grupos Colaborativos.....	221
1.2. La Evaluación Mutua como Motor de la Reflexión Metacognitiva: Diseñando Actividades para Enseñar ‘Los fósiles’.....	226
1.3. La Coevaluación como Motor de la Reflexión Metacognitiva.....	244
1.3.1. La Planificación de una Actividad de Aplicación sobre ‘Relaciones Interespecíficas’. Definir y Comparar.....	246
1.3.2. La Planificación de una Actividad sobre ‘Dinámica de Poblaciones’. Elaboración e Interpretación de Gráficos.....	256
2. Los Estudios de Caso.....	266
2.1. El Caso de Alicia: ‘ <i>Enseño Ciencias como me dicen que lo haga</i> ’.....	266
2.2. El Caso de Meritxell: ‘ <i>Si los Alumnos se Divierten, entonces Aprenden</i> ’.....	379
2.3. El Caso de Marta: ‘ <i>Aprender a Enseñar Ciencias, es cuestión de     meterse en la materia</i> ’.....	451

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>517</b>
--------------------------	------------

<b>SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>527</b>
---	------------

## ANEXOS

- Nº 1. Temporización del Curso de ‘Didáctica de las Ciencias’ 1999 - 2000
- Nº 2. Actividad sobre el Trabajo en Grupo Colaborativo
- Nº 3. Interacción del Grupo de Trabajo, sobre la actividad ‘Los Fósiles’

- Nº 4. Programación del Curso de Didáctica de las Ciencias
- Nº 5. Instrumento de Análisis de las Verbalizaciones y la Actuación de Alicia
- Nº 6. Instrumento de Análisis de las Verbalizaciones y la Actuación de Meritxell
- Nº 7. Instrumento de Análisis de las Verbalizaciones y la Actuación de Marta
- Nº 8. Red Sistémica sobre 'El Profesor Ideal'
- Nº 9. Información de Alicia
- Nº 10. Información de Meritxell
- Nº 11. Información de Marta
- Nº 12. Eventos
- Nº 13. Modelo de Ciencia

## **BIBLIOGRAFIA**

## INTRODUCCIÓN

Uno de los retos más difíciles de enfrentar actualmente en la formación inicial del profesorado de ciencias para la secundaria, es el de ofrecer una preparación profesional que le permita ser parte de un sistema educativo que se define como constructivista. Se trata sin duda de un reto por dos razones. Una, es que el conocimiento que los futuros profesores<sup>1</sup> tienen sobre la enseñanza de las ciencias, no suele corresponder con un modelo constructivista. Generalmente se trata de un conocimiento que tiene como base los enfoques didácticos que consideran que han sido los mejores para su propio aprendizaje o aquellos que habrían preferido. El pensamiento de los futuros profesores al respecto, es más bien intuitivo y no reflexivo.

La segunda razón, es que el sistema educativo actual se estructura de acuerdo con un currículo que es abierto. Esto significa que deja en manos de los profesores, decisiones importantes sobre qué enseñar y cómo hacerlo. El futuro profesor se ve enfrentado a enseñar desde una perspectiva que no es la suya (la de sus puntos de vista), ni es la que conoce (por su experiencia como alumno<sup>2</sup>).

Enfrentar este reto, hizo que en el *Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona*, se hicieran intentos por poner en marcha una propuesta de formación inicial, a través del curso de 'Didáctica de las Ciencias Naturales' que se ofrece en el marco del modelo del Curso de Aptitud Pedagógica (CAP). Esta propuesta busca la formación de profesores de ciencias críticos, capaces de explicitar esos implícitos que hacen parte del conocimiento que tienen sobre la enseñanza y capaces de tomar decisiones con autonomía, fundamentadas en un modelo didáctico de construcción social del conocimiento. En este contexto de trabajo, surgió la investigación que se presenta en este informe.

La revisión de la literatura sobre formación inicial del profesorado de ciencias, nos muestra que las propuestas de tendencia constructivista se fundamentan en promover concepciones de ciencia, de enseñanza y de aprendizaje, que configuran modelos de enseñanza que son los aceptados por la comunidad de didactas. Nuestra propuesta comparte también esta meta. Uno de los aspectos que la hacen diferente, es que busca potenciar la metacognición de los estudiantes (entendida como su capacidad para autorregular sus aprendizajes), para que aprendan a enseñar ciencias utilizando un modelo constructivista, en el que la evaluación cumple una función esencial de regulación de los aprendizajes y se convierte en el motor del proceso enseñanza - aprendizaje.

En nuestra propuesta se defiende que la interacción social entre los estudiantes y con sus profesoras, hace posible potenciar la reflexión metacognitiva, importante para aprender a enseñar ciencias. Así entonces, uno de los objetivos de este estudio se centra en analizar la influencia de la interacción social sobre las decisiones que toman los futuros profesores al implementar el modelo didáctico propuesto. También, analizamos la

---

<sup>1</sup> En esta investigación, el/la futuro/a profesor/a o estudiante, es la persona que está en un periodo de formación inicial para llegar a ejercer en la docencia.

<sup>2</sup> En esta investigación, el/la alumno/a es el adolescente que asiste al instituto de secundaria.

evolución del modelo de enseñanza de las ciencias de tres futuras profesoras, a lo largo del curso de 'Didáctica de las Ciencias Naturales' que tuvo lugar entre 1999 y 2000.

Consideramos que si el contexto de nuestra investigación es el de una propuesta de formación inicial, debemos describir en detalle los fundamentos teóricos y metodológicos sobre los que se basa y que desarrollamos en el curso de 'Didáctica de las Ciencias Naturales'. Para estructurar la presentación y argumentación de estos fundamentos, dividimos el Marco Teórico en tres capítulos, organizados en dos partes. La primera de ellas tiene un único capítulo que se dedica a hacer las precisiones necesarias en torno a un modelo didáctico para la formación inicial, en especial, se discute por qué nos fundamentamos en un Modelo de Ciencia Escolar y en un enfoque didáctico que tiene una orientación socio – constructivista.

La segunda parte del Marco Teórico consta de dos capítulos, en los que presentamos la idea de que aprender a enseñar ciencias, implica a nuestro modo de ver, la formación de un profesor metacognitivo. El primero de tales capítulos (capítulo 2), se centra en discutir qué entendemos por aprender a enseñar ciencias con un modelo constructivista y en argumentar desde esta propuesta lo que significa la metacognición y por qué la consideramos como una capacidad a potenciar. Al respecto, señalamos que el profesor de ciencias como profesional, debería saber desde qué modelo didáctico toma decisiones sobre qué enseñar y cómo hacerlo. A su vez, es muy importante que aprenda a ver la enseñanza de las ciencias desde un modelo constructivista. En ambos casos, es imprescindible que el profesor se comporte metacognitivamente.

El comportamiento metacognitivo que se promueve en esta propuesta, implica que el futuro profesor potencie sus capacidades para orientar sus acciones, planificarlas y regularlas. Por esa razón, uno de los temas que se desarrollan en el capítulo tres, se refiere a la Teoría de la Actividad. Esta teoría resulta muy adecuada para entender y enfrentar las dificultades que un futuro profesor puede tener para aprender a enseñar ciencias con un nuevo modelo de enseñanza en el que la evaluación juega un papel privilegiado.

En este capítulo, también se defiende que un profesor de ciencias metacognitivo se puede formar desde el modelo de enseñanza constructivista propuesto. El origen de esta idea está en el supuesto de que si intentamos formar a estos futuros profesores en un conocimiento ajeno a sus experiencias de enseñanza, aprendizaje y evaluación, la mejor manera de hacerlo es implementando dicho modelo durante el curso de 'Didáctica', es decir aplicándolo para que los futuros profesores lo experimenten, reflexionen sobre él y eventualmente, lo lleven a sus prácticas de enseñanza.

Así entonces, el modelo de enseñanza de las ciencias de tendencia constructivista, que privilegia la evaluación, tiene una doble función en esta propuesta: teórica y metodológica.

Potenciar la metacognición, como un medio fundamental para que el futuro profesor construya nuevos significados en su modelo de enseñanza, implica utilizar ciertas estrategias. La interacción social a través de las estrategias de la evaluación formadora (evaluación mutua, coevaluación e incluso, autoevaluación), es una de ellas. Por esa razón, una parte del tercer capítulo se dedica a describir cómo se entiende la interacción

social en esta investigación, cómo se promovió durante el curso de didáctica y con qué finalidades.

Una vez presentados los fundamentos teóricos y metodológicos de nuestra propuesta de formación inicial, se detalla a continuación el diseño metodológico de la investigación. Se explica el contexto de su desarrollo, el tipo de información recogida y el modo de seleccionarla y analizarla. A continuación, el capítulo sobre resultados, presenta el análisis de la información aportada por la interacción social (que tuvo lugar entre los estudiantes que hacían parte de un grupo de trabajo colaborativo y la que tuvo lugar entre una profesora – tutora y su estudiante), así como los estudios de caso que presentan la evolución de los modelos didácticos de Alicia, Meritxell y Marta, nombres ficticios de las tres estudiantes que participaron en la investigación.

En las conclusiones, hemos incluido las variables que favorecen y las que dificultan que los estudiantes asuman las posturas metacognitivas necesarias para aprender a enseñar ciencias y también, hemos destacado las ventajas que hemos encontrado con la metodología que usamos para el análisis.

Finalmente, las recomendaciones subrayan la necesidad de estudiar el papel de los profesores – tutores, el de los profesores - formadores en la formación inicial de sus estudiantes, así como la necesidad de hacer propuestas de formación continuada en las que aprender a enseñar ciencias con un modelo constructivista, sea el eje del acompañamiento de los profesores durante sus primeros años de formación y luego, a lo largo de su vida profesional.

Hemos decidido presentar los anexos en un disco compacto que acompaña este informe. La razón es que contienen una importante cantidad de información, que corresponde en gran parte, a la transcripción de entrevistas completas y documentos escritos, que fueron fundamentales para el análisis.

## **ANTECEDENTES**

*Las propuestas Constructivistas de Formación del Profesorado  
buscan que Cambie su Modelo de Enseñanza*



Las propuestas constructivistas de formación del profesorado de ciencias que presentamos a continuación, constituyen los antecedentes que sirven de referencia a la propuesta de formación inicial que hacemos en esta investigación. A lo largo de la presentación, intentaremos argumentar que estas propuestas (surgidas en distintas partes del mundo y con las cuales compartimos una buena parte de puntos de vista), buscan que los profesores tanto en formación inicial como permanente, terminen su etapa de formación con cambios importantes en su modelo de enseñanza de las ciencias.

Pero, ¿Qué es una Propuesta Constructivista de Formación del Profesorado de Ciencias?; ¿Qué caracteriza a esas propuestas de formación a las que se les puede llamar ‘constructivistas’?; ¿Quiénes participan de ellas?; ¿En qué se diferencia la propuesta de formación que contextualiza nuestra investigación, de aquellas que hemos tomado como referentes?. Estos son algunos de los interrogantes que se resolverán en este capítulo preliminar.

## **1. ¿Qué es una Propuesta Constructivista de Formación del Profesorado de Ciencias?**

Una propuesta para la formación del profesorado de ciencias, es un planteamiento sobre la formación profesional del profesor, ya sea en su etapa inicial o a lo largo de su vida profesional. Hay propuestas que se circunscriben a una sola de estas etapas (propuestas de *formación inicial* o de *formación permanente o continuada*), pero también, muchas de ellas se dirigen a ambos periodos de formación. Incluso, hay esfuerzos muy positivos en torno a la etapa intermedia entre las dos, es decir, a la formación de los profesores *novatos o principiantes*, los que empiezan su vida profesional. Esta clase de propuestas cubren su formación en los primeros años de vida profesional (Adams et al, 1997; Solís et al, 2001), pero en esta investigación, solamente haremos referencia a propuestas para la formación inicial.

El carácter de constructivista se debe a que cualquiera de estas propuestas, tiene en cuenta que los profesores –al igual que los alumnos o que la gente en general-, desarrollan concepciones sobre el mundo, sobre la ciencia y sobre la enseñanza, entre muchas otras concepciones (Porlán et al, 1997). Estas concepciones actúan como herramientas que sirven para interpretar la realidad, en este caso, de la enseñanza de las ciencias, configurando modelos didácticos. Pero también, estas concepciones son barreras u obstáculos que dificultan la adopción de nuevos puntos de vista (Bachelard, 1938; Pope & Gilbert, 1983; Claxton, 1994; Porlán et al, 1988).

Se puede decir que el modelo didáctico del profesor, determina el tipo de tareas que propone a sus alumnos (Zimmermann, 2000). Además, que el modelo no sólo depende de cómo cree que los alumnos aprenden y de cómo piensa que debería enseñarles, sino también de cómo cree que se genera el conocimiento científico (Aguirre et al, 1990).

Las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, del aprendizaje y de la enseñanza y las posibles interacciones entre ellas, permiten configurar modelos didácticos que han sido estudiados en profundidad por varios autores, entre ellos Erika Zimmerman (2000). El trabajo de esta autora aporta evidencia empírica en torno a la idea de que el concepto

de enseñanza es inseparable del de aprendizaje y más que una dependencia causal, el concepto de enseñanza tiene una dependencia ontológica del concepto de aprendizaje, en cuanto el profesor enseña en función de cómo cree que el alumno aprende.

Desde una perspectiva constructivista, se puede asumir que tales concepciones pueden evolucionar. De acuerdo con Porlán et al (1997), esta evolución es un proceso más o menos consciente de reestructuración y construcción de nuevos significados, basado en la interacción y el contraste con otras ideas y experiencias. De ahí que en muchas de estas propuestas la interacción social tenga una importancia tan grande.

En algunas propuestas, la evolución de estas concepciones se favorece a través de procesos de investigación dirigidos (Cañal & Porlán, 1988; Porlán et al, 1988, 1997; Porlán, 2001; Carnicer & Furió, 1997; Furió, 1998); en otras, se privilegia y se potencia que el profesor tome consciencia y controle su propio aprendizaje (Gunstone et al, 1993; Angulo & García, 1996, 2000, 2001); otras más defienden que dicha evolución tiene lugar a través del cambio conceptual y la práctica reflexiva (Hewson et al, 1999) o cuando el profesor autoevalúa su práctica (Woolnough, 2000).

En general, todas ellas tienen en común que parten de las ideas sobre la ciencia, la enseñanza, el aprendizaje, que los profesores traen a sus cursos de formación; también, en mayor o menor grado; todas tienen implícita o explícitamente, una concepción de evaluación; tienen en cuenta los procesos de reflexión del profesor y en todas ellas, se reclama la participación de un equipo de profesores formadores que compartan objetivos y criterios para la formación de los estudiantes.

En las propuestas de formación y en la nuestra en particular, participan personas que tienen roles bien definidos. Aprovecharemos este apartado para mencionarlos a continuación, junto con otros términos, que son los que con mayor frecuencia aparecerán a lo largo de la exposición.

- El/la *Profesor/a – Formador/a*, es la persona encargada del curso de formación inicial de ‘Didáctica de las Ciencias’ al que asiste el futuro profesor.
- El/la *Futuro/a Profesor/a* o *Estudiante*, es la persona que recibe el curso de formación. Para el caso de nuestra investigación, se trata de la persona que ha culminado o está a punto de terminar su carrera de ciencias y se matricula en los Cursos de Aptitud Pedagógica (CAP) en la Universidad Autónoma de Barcelona.
- El *Curso de ‘Didáctica de las Ciencias Naturales’*, es uno de los cursos que hacen parte del programa de Formación Inicial, que ofrece el *Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i les Matemàtiques* de la *Universitat Autònoma de Barcelona*. En los cursos de Didáctica se agrupa a los estudiantes de acuerdo con su formación científica básica. Así entonces, hay un curso de ‘Didáctica de las Ciencias Naturales’ para Físicos y Químicos y otro, para Biólogos, Veterinarios, Geólogos o Estudiantes de Ciencias Ambientales y Ciencias de la Salud. En esta investigación, nuestros futuros profesores pertenecían a este último grupo de licenciados.  
Además de las clases en la universidad, los estudiantes realizan un practicum en un centro de secundaria con un mínimo de duración de 30 horas presenciales en el aula y 10 de tutoría. Este curso, junto con el de formación psicopedagógica, componen el programa de formación inicial, la cual le permite al futuro profesor optar por una

titulación que lo acredite para ejercer como profesor de ciencias en la enseñanza secundaria obligatoria.

- *El/la Profesor/a – Tutor/a*, es la persona que orienta y coordina las prácticas de los estudiantes, con *alumnos*<sup>1</sup> de la etapa secundaria obligatoria. Normalmente, es un/a profesor/a de ciencias con experiencia que ayuda al estudiante a organizar y llevar a cabo las clases correspondientes a una de las unidades que hacen parte del temario o de los contenidos a abordar, en uno de los cursos obligatorios u optativos del área de ciencias naturales.

Una vez realizadas estas precisiones, podemos pasar a presentar las propuestas constructivistas de formación del profesorado que hemos escogido por la proximidad de muchos de sus puntos de vista con los nuestros. A lo largo de su presentación, destacaremos también aquellos de los cuales nos distanciamos, con la finalidad de empezar a caracterizar la propuesta de formación desde la cual se desarrolló esta investigación.

## 2. Algunas Propuestas Constructivistas de Formación Inicial del Profesorado de Ciencias

Las propuestas de formación del profesorado de ciencias, que reseñaremos en este capítulo, han sido desarrolladas en el marco de proyectos de investigación o de innovación en España (*El Profesor como Investigador*: Porlán et al, 1988; Martín del Pozo & Rivero, 2001; Furió & Gil, 1989); en Australia (*El Desarrollo Metacognitivo de los Profesores en Formación Inicial*: Gunstone et al, 1993), en Norteamérica (*Constructivismo y Práctica Reflexiva*: Hewson et al, 1999) y en el Reino Unido (*Profesores que se Autoevalúan*: Woolnough, 2000). Hemos seleccionado estos modelos como referentes teóricos del nuestro (*Aprender a Enseñar Ciencias desde un Modelo Constructivista*), no sólo por su difusión e impacto en el campo de la formación del profesorado de ciencias, sino porque compartimos con sus autores, una parte de sus principios teóricos, tenemos resultados equivalentes y en última instancia, conclusiones similares. Las diferencias que hay entre estas propuestas entre sí y con la nuestra, no se encuentran en los objetivos en sí mismos, ya que todos buscamos producir cambios en los futuros profesores, sino más bien, en la forma de alcanzar dichos objetivos.

Los trabajos de algunos de estos autores son mucho más amplios que el nuestro. De hecho, varios de ellos los han venido desarrollando equipos de investigación bastante grandes y de reconocida trayectoria. Esto les ha permitido diseñar y llevar a cabo estudios que abarcan la formación inicial y continuada del profesorado de primaria y secundaria, así como también, algunos se refieren a los niveles de primaria, secundaria y universidad, a lo largo de varios años. Pues bien, de todos estos trabajos, hemos seleccionado los aspectos relacionados con la *Formación Inicial de los Profesores de Ciencias para la Secundaria*, porque son los que tienen que ver directamente con nuestro contexto de investigación. No obstante, en algunos apartados de este estudio, citaremos resultados y conclusiones del trabajo de estos autores en otros niveles de formación, porque ayudan a ilustrar nuestros puntos de vista.

---

<sup>1</sup> Insistimos en que llamaremos alumnos, a los niños y adolescentes que asisten a clase en los institutos de secundaria y limitaremos el término estudiantes, para los futuros profesores de ciencias.

## 2.1. El Profesor de Ciencias como Investigador

La revisión bibliográfica que llevamos a cabo en torno a *propuestas de formación inicial del profesorado de ciencias para la secundaria*, nos permitió acercarnos a algunas muy interesantes, aunque fundamentadas en marcos teóricos diferentes al nuestro. Por ejemplo, en España, encontramos el trabajo con el *Proyecto Curricular IRES*, del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Sevilla y no menos importante es la propuesta *Enseñanza – Aprendizaje por Investigación*, que se lleva a cabo en la Universidad de Valencia.

Ambas propuestas tienen en común, asumir como eje fundamental, que el profesor de ciencias sea *un investigador*. Reconocemos que sus visiones han tenido un gran impacto en Iberoamérica y que sus frutos todavía se recogen en trabajos como los publicados en el *VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias* (Barcelona, 2001). Vale la pena hacer una reseña de estas propuestas para establecer las diferencias teóricas que nos separan de los esfuerzos de estos autores.

Porlán et al (1996) han hecho una caracterización del conocimiento que consideran deseable para los profesores de ciencias, sugieren los niveles de formulación de dicho conocimiento y los obstáculos que suelen aparecer en su construcción. Su propuesta, tiene como meta estratégica una *concepción investigativa del trabajo docente*. Para ello, se fundamentan en autores como L. Stenhouse (1984); Carr & Kemmis (1988) y Elliot (1990), que como es bien sabido, han hecho aportes valiosos a la Investigación – Acción en el aula. La idea de investigación del profesor, que concibe el grupo de Sevilla, implica las siguientes capacidades profesionales (Porlán et al, 1996):

- *Tomar consciencia* del sistema de ideas propio del profesor, sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (modelo didáctico personal);
- *Observar* críticamente la práctica y reconocer los problemas, dilemas y obstáculos que son significativos y que tienen implicaciones éticas e ideológicas inclusive;
- *Contrastar*, a través del estudio y la reflexión, las concepciones y experiencias personales, con las de los colegas y con otros saberes, como un medio para evolucionar el propio sistema de ideas, e intervenir en el aula, de un modo más efectivo;
- *Poner en práctica* esta intervención y establecer procedimientos para un seguimiento riguroso de las mismas (experimentación curricular y evaluación investigativa);
- *Contrastar* los resultados de la experiencia con las hipótesis de partida y con el modelo didáctico personal, establecer conclusiones, comunicarlas a los colegas, detectar nuevos problemas y volver a empezar.

Esta idea del profesor – investigador es descrita por estos autores, como una síntesis teórica que resume y abarca los fundamentos del modelo de formación, así como los fines estratégicos que se pretenden. Al mismo tiempo, es para ellos un principio práctico que orienta la formulación y experimentación de propuestas de intervención concretas en la formación del profesorado de ciencias.

Para alcanzar esta meta, su marco de referencia son las *hipótesis de progresión* que guían la organización y secuenciación de los contenidos escolares y profesionales (Porlán et al, 1996). Para ellos, el conocimiento profesional del profesorado se construye de un modo evolutivo, por niveles de formulación, a partir de las representaciones iniciales y por aproximaciones sucesivas, como pasa con el conocimiento escolar. La *hipótesis de progresión* tiene niveles de formulación, que se van complejizando, partiendo desde un nivel inicial que correspondería a un modelo didáctico tradicional, pasando por niveles intermedios hasta llegar a un nivel de referencia más acorde con los planteamientos constructivistas e investigativos (Martín del Pozo & Rivero, 2001).

El Grupo de Investigación en la Escuela (p.ej. Porlán et al, 1996; Porlán & Rivero, 1998) hace una propuesta formativa tanto para la formación inicial como permanente, basada en Ámbitos de Investigación Profesional (AIP), a través de la cual intentan que los profesores construyan un *conocimiento profesionalizado* sobre la enseñanza de los contenidos. Este *conocimiento profesionalizado*, es el conocimiento específico que los profesores necesitan para enseñar los contenidos a los alumnos, y tiene un carácter práctico y profesional (Martín del Pozo & Porlán, 1999). El conocimiento profesional deseable, es un conocimiento epistemológicamente diferenciado, que resulta de la integración de las teorías sobre la enseñanza y de la acción profesional y que busca que el profesor actúe de un modo fundamentado - o también diríamos informado-. En este sentido, hace de mediador entre la teoría y la acción profesional (Martín del Pozo & Rivero, 2001).

De acuerdo con estos autores, el *conocimiento profesional deseable* se organiza en torno a los problemas relevantes para la práctica profesional y requiere la interacción e integración de diferentes saberes (académicos, creencias y principios de acción, rutinas y guiones de acción y teorías implícitas), que habitualmente están desconectados entre sí ( Porlán et al, 1998; Martín del Pozo & Rivero, 2001).

Así entonces, la propuesta de formación inicial de estos investigadores consiste en que los estudiantes construyan este *conocimiento profesionalizado*, a través de procesos de investigación de problemas profesionales, de la experimentación de alternativas curriculares y de la construcción y reestructuración de significados (Martín del Pozo & Rivero, 2001).

Según esta propuesta, los futuros profesores se forman implicándose en *Ámbitos de Investigación Profesional*. Cada AIP se aproxima al currículo de un modo parcial teniendo en cuenta aspectos como la materia a enseñar, las ideas del alumnado, los contenidos, la metodología y la evaluación. También se intenta relacionar estos aspectos para responder a problemas más generales, como el diseño de la unidades didácticas o la configuración de un modelo propio de enseñanza. Estas relaciones hacen posible una construcción gradual del conocimiento, porque a medida que se recorren los distintos ámbitos, surgen conocimientos nuevos, así como también, la construcción del modelo didáctico personal. Esta forma de aprender, se puede explicar a través de las *hipótesis de progresión*.

A raíz de los trabajos del Proyecto IRES (Investigación y Renovación Escolar), sobre la teoría crítica, la teoría de la complejidad y el constructivismo (p.ej. García & Porlán, 2000), estos autores han propuesto unos principios sobre los cuales fundamentar su

propuesta de formación inicial del profesorado, como una alternativa a lo que ellos llaman el Modelo Didáctico Dominante, que es el ‘modelo didáctico tradicional’ (Porlán, 1993). Estos principios son los siguientes (Porlán, 2001, pág.202 – 206):

- a) Promover un conocimiento de la disciplina problematizado, evolutivo y complejo.
- b) Adoptar una perspectiva general de carácter interdisciplinar, transdisciplinar y metadisciplinar.
- c) Favorecer una visión crítica y contextualizada de la disciplina. La relación entre la disciplina, los problemas socio – ambientales y las corrientes de opinión presentes en la sociedad.
- d) Desarrollar un conocimiento didáctico de las experiencias, concepciones, modelos y cosmovisiones de los adolescentes.
- e) Promover la interacción significativa entre los conceptos estructurantes de las Ciencias de la Educación y los problemas más relevantes de la práctica docente.
- f) Impulsar el conocimiento y la aplicación crítica y autónoma de la legislación educativa.
- g) Favorecer una visión del conocimiento escolar como un ámbito epistemológico diferenciado que orienta el enriquecimiento progresivo de las concepciones de los adolescentes, en la perspectiva de las finalidades generales de la educación.
- h) Promover una metodología escolar que impulse la construcción gradual de concepciones más complejas y críticas en los estudiantes.
- i) Desarrollar modelos didácticos alternativos a la cultura escolar tradicional. Desarrollar así mismo, un conocimiento práctico profesional basado en la vocación, el compromiso crítico, la investigación y la autonomía.
- j) Promover una estrategia formativa que sitúe a la práctica como el centro del proceso y que organice en torno a ella, de forma gradual y progresiva, momentos y actividades de aprendizaje profesional basados en los principios anteriormente mencionados.

Hay muchos principios de la propuesta del grupo de Sevilla, con los cuales estamos de acuerdo: las consideraciones en torno a la disciplina como objeto de enseñanza, el ámbito epistemológico del conocimiento que circula en la escuela o el desarrollo de modelos didácticos alternativos. En el transcurso de estos principios, subyace la idea de que los ejes vertebradores del proceso formativo del profesorado, deberían ser las concepciones sobre la ciencia, la enseñanza y el aprendizaje de los profesores.

Estos autores también reconocen que los profesores conciben ideas respecto a las características del currículo, de los contenidos, de la asignatura que tienen a cargo, de las actividades de enseñanza, etc., sobre las cuales también debería actuar la propuesta de formación (Porlán, et al, 1998).

Al respecto, también dicen que entre los componentes del saber profesional, se encuentra el componente disciplinar y el de la enseñanza (Porlán & Martín Toscano, 1994) y que ambos se desarrollan en la mente del profesor a través de procesos diferentes. El primer componente tiene lugar por estudio y reflexión teórica, mientras que el segundo, suele darse por imitación de las formas de actuación docente, que el profesor ha observado durante sus años como alumno. Estamos muy de acuerdo con estos autores, en que la consecuencia que trae este segundo componente, es la simplificación del conocimiento didáctico para el profesor (creer que enseñar es fácil), lo cual le impide abordar con rigor la enseñanza de las disciplinas científicas.

Esta simplificación del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias, se puede manifestar en (Porlán & Martín Toscano, 1994):

- Una tendencia a convertir los contenidos disciplinares en contenidos de enseñanza;
- Una visión de los contenidos a enseñar como exclusivamente conceptuales y acumulativos;
- Considerar a los alumnos como receptores pasivos de información;
- Considerar que los contenidos son únicos, mientras que las metodologías son diversas;
- Considerar que el aprendizaje es individual y no tiene lugar en grupo y,
- Tener un modelo de evaluación selectivo, clasificador y sancionador, que lejos de aportar datos para tomar decisiones informadas sobre el desarrollo de la clase, se centra en medir las capacidades de los alumnos, casi siempre las de memorizar.

Observemos que en la propuesta de estos autores, la concepción de evaluación ya se plantea como un asunto problemático en el conocimiento de la enseñanza de las ciencias. De ahí que propusieran que entre los nuevos retos del conocimiento profesional, se necesita formar un profesor que se plantee problemas relacionados con procedimientos metodológicos que favorezcan el aprendizaje de los alumnos y la evolución de sus concepciones. Sin duda alguna, para estos autores la evaluación juega un papel esencial como mecanismo que informa y acompaña a la enseñanza.

También estamos de acuerdo con el grupo de Sevilla, en que las visiones epistemológicas que los profesores tienen y suelen mantener, respecto a la ciencia, su enseñanza y aprendizaje, se convierten en obstáculos sumamente difíciles de superar, y con la idea de que la construcción del conocimiento profesional es evolutiva. Pero en este sentido, no compartimos la idea de que el aprendizaje del futuro profesor sea una *progresión* que va desde un modelo tradicional a uno constructivista. Consideramos que se trata más bien de la construcción de un nuevo modelo didáctico, que se distingue del modelo tradicional que el profesor conoce. Partimos del supuesto de que para conseguir dicha construcción, se requiere de una reflexión de carácter metacognitivo, que permita al futuro profesor reconocer su propio modelo, evaluarlo y diferenciarlo del que se le propone.

El grupo de la Universidad de Valencia por su parte, también se centra en la formación del profesor como investigador, para alcanzar la meta de lo que ellos llaman el *cambio didáctico*, un concepto en el que convergen lo que sería el cambio conceptual, metodológico y actitudinal del profesor de ciencias (Furió & Gil, 1998).

Estamos de acuerdo con estos autores, en que apropiarse de los nuevos conocimientos didácticos quiere decir que el profesor cambie su epistemología personal y para lograrlo, hay que pasar de un modelo de formación adquirida por el profesor a través de su experiencia como alumno, a un modelo que sea más coherente con la Didáctica de las Ciencias.

Las estrategias que han venido implementando para que los profesores lleguen a este cambio didáctico, son las del modelo *Enseñanza – Aprendizaje por Investigación*. Estas estrategias les han dado buenos resultados con los alumnos y por esa razón, pensaron que también podrían resultar adecuadas para la formación del profesorado, de modo que las aplicaron y parece que han sido igualmente efectivas para alcanzar esta meta del

profesor – investigador (Guisasola, 1996; Azcona, 1997; Carnicer, 1998). En nuestro caso, ocurrió más o menos lo mismo. La decisión de adoptar las estrategias de la evaluación formadora para propiciar la autorregulación de los aprendizajes, se deriva de las experiencias satisfactorias, con alumnos de primaria y secundaria, en las áreas de ciencias naturales y matemáticas (Jorba & Sanmartí, 1994).

Furió y Gil argumentan su perspectiva de formación, en que para lograr el *cambio didáctico*, los profesores tienen que implicarse en la construcción de los nuevos conocimientos didácticos, abordando los problemas que les plantea la enseñanza. Dicha implicación, supone que el profesor se involucre en un *proceso de investigación o innovación curricular*. Pues bien, las estrategias de la propuesta que usan dentro de este enfoque, parten de considerar al profesor en formación, como un ‘investigador novel’, que replica investigaciones ya realizadas. Este profesor trabaja a su vez de modo cooperativo, con un pequeño grupo de colegas, dirigidos por un investigador experto en dicha investigación que se está replicando. Se supone que el cambio es gradual pero continuo y que en un principio, el profesor necesitará más ayuda y dirección, pero éstas van disminuyendo hasta que el profesor adquiera cierta actitud investigativa y asuma su papel de investigador en el aula.

Una perspectiva como esta, implica la necesidad de que los profesores participantes continúen dentro de programas de formación que los mantengan en este contexto de investigar en el aula. De hecho, en el breve periodo de la formación inicial, no es posible alcanzar una preparación suficiente y adecuada, como para tener autonomía investigadora. También estos autores reconocen, que muchos de los problemas de enseñanza no tienen sentido hasta que el profesor se enfrenta a ellos en la práctica habitual del aula. Y en cualquiera de estos casos, ellos tienen en cuenta que una vez terminada la investigación replicada, el profesor puede regresar sobre sus antiguas prácticas, de ahí la importancia de promover una estructura de formación permanente que se extienda a lo largo de la vida profesional del profesor de ciencias (Furió, 1994; Carnicer & Furió, 1997).

Para atender a la demanda de formar un *profesor investigador* que lleve a cabo un *cambio didáctico*, el grupo de Valencia sugiere una serie de condiciones a tomar en consideración, para que resulte eficaz un programa de formación con esta perspectiva.

Por ejemplo, señalaremos los aspectos que ellos consideran que deberían cubrir los contenidos de los cursos de ‘Didáctica de las Ciencias’ (Gil & Furió, 1989):

- El estudio de la construcción de los conceptos y de su aprendizaje. El papel de las concepciones previas.
- El tratamiento de las concepciones que el profesor trae al curso, sobre temas científicos y sobre cómo se ha de enseñar.
- La familiarización de los alumnos con el trabajo científico.
- Atender a las actitudes que los alumnos desarrollan hacia la ciencia.
- Las relaciones Ciencia – Tecnología – Sociedad.
- El estudio crítico de los fundamentos de un currículo, así como,
- El papel de la evaluación como instrumento esencial en la mejora del proceso enseñanza – aprendizaje.

De entre todos estos aspectos, señalamos con especial atención el último, ya que conecta con las ideas que planteamos en esta propuesta, sobre el papel de la evaluación. Observemos que desde hace más de una década, estos investigadores ya se habían cuestionado sobre la función pedagógica que cumple la evaluación y sobre su necesario abordaje en las propuestas de formación. Desde su punto de vista, de poco sirve implementar una innovación, si la evaluación no cambia (Gil, 1992; Gil & Guzmán, 1993).

Las condiciones que mencionamos a continuación, se sugirieron para la formación continuada del profesorado (Furió & Gil, 1998), no obstante son del todo asimilables para la etapa inicial:

- Satisfacer necesidades formativas próximas al profesorado implicado, relacionadas con su práctica;
- Conocer las ideas e intereses de los profesores;
- Dirigir los contenidos a la construcción de un cuerpo teórico sobre la Didáctica de las Ciencias;
- Favorecer la reflexión didáctica explícita, que cuestione aquellos conceptos y creencias que se consideran ‘naturales’;
- Debatir los *problemas didácticos* en pequeños grupos, en un clima de cooperación y de trabajo colectivo;
- Favorecer la implementación de innovaciones que estén fundamentadas y tengan posibilidades de transformar la práctica habitual;
- Incorporar al profesor en tareas de innovación e investigación en torno a los problemas planteados.

Estamos muy de acuerdo con la idea de que un programa de formación inicial, debe atender en lo posible a estas condiciones. También, compartimos con los profesores de la Universidad de Valencia, que el modelo de *profesor como investigador*, para la formación inicial, se encuentra con problemas de tiempo y de estructura administrativa, que son difíciles de resolver. Uno de los más relevantes, es que la figura del profesor experto que dirige al novel, a través de una investigación sobre la práctica, se recarga a lo largo de la formación inicial, con toda la responsabilidad de orientar la investigación. Consideramos que son muy escasas las oportunidades en las que el profesor experto puede dejar que el novato actúe con autonomía dentro de esta perspectiva, ya que dirigir su propia investigación y producir conocimiento didáctico, son dos grandes metas para las cuales no está suficientemente preparado un futuro profesor.

El otro problema, es que dada su falta de experiencia en el aula, el futuro profesor no puede identificar los problemas de la enseñanza, de manera que es muy difícil que se sienta implicado en hacer una investigación sobre un problema que para él/ella no existe. Para hacer frente a estos inconvenientes, la formación inicial sería la etapa en la cual el futuro profesor se familiariza con los conocimientos que ha aportado la investigación en didáctica de las ciencias, de modo que más adelante, una vez que el profesor ejerza la docencia, estos conocimientos puedan orientar su reflexión y le permitan sumergirse en proyectos de investigación e innovación didácticas. Esto nos permite situar la figura del *profesor – investigador*, como objetivo de la formación continuada, en estas propuestas de formación.

No es nuestro interés en este apartado, contribuir con la crítica que desde hace más de veinte años, se le hace al lema de ‘*un profesor, un investigador*’ (p.ej. Moreira, 1998). Consideramos que es una propuesta de formación que enfrenta grandes tropiezos por las condiciones laborales de los profesores y por lo que se está entendiendo por investigar. No obstante, independientemente de ellas, lo cierto es que una parte importante de artículos sobre investigación y experiencias didácticas, publicados no solamente por los equipos de los profesores Porlán, Furió y Gil, sino por otros investigadores en todo el mundo, son el resultado del esfuerzo de un pequeño grupo de colegas de una o varias instituciones, que al margen de su propia carga de trabajo y preocupados por los resultados del aprendizaje de sus alumnos, se han comprometido a llevar a cabo un proyecto de investigación.

Desde nuestro punto de vista, consideramos que cuando un profesor está en su aula, tiene que escoger entre dos opciones: o recoger información para una investigación, o recogerla para tomar decisiones sobre la enseñanza y el aprendizaje, de manera que a través de la evaluación, llegue a favorecer la regulación del aprendizaje. En nuestra propuesta de formación inicial del profesorado de ciencias, se privilegia la segunda opción.

Creemos que es esencial que el futuro profesor aprenda a reflexionar sobre sus conocimientos respecto a la enseñanza de las ciencias y sobre su práctica, desde un marco teórico que le da cierto sentido a sus ideas, pero esto no implica que comunique sus reflexiones a sus colegas o las contraste dentro de un grupo de investigación, ya que estas reflexiones no son el resultado de un estudio en el que él/ella se haya comprometido. Se trata de una actividad que es diferente a la de investigar y que es necesaria para que tome las decisiones más adecuadas respecto al aprendizaje de sus alumnos.

No obstante, hablamos de un profesional que a pesar de reflexionar *en solitario* (Gunstone, 2000) sobre los resultados de su propia práctica (como lo han venido haciendo de un modo bastante intuitivo aquellos profesores a los que consideramos ‘comprometidos’ con su trabajo), puede llegar a compartir con sus colegas, trabajar en equipo alrededor de una innovación y vincularse cuando lo considere oportuno, a un grupo de investigación universitario. Se trataría de un profesor (como muchos de los que todos conocemos), capaz de rendir satisfactoriamente en cada faceta de su profesión, que entiende de qué se trata investigar en y sobre la enseñanza de las ciencias, incluyendo su propia práctica, pero que en principio, no es un investigador.

Para seguir con el hilo de estas ideas, pero especialmente, para establecer las diferencias y semejanzas de nuestra propuesta con otras que siguen la línea del *profesor - investigador*, continuaremos con la reseña del trabajo de Hewson y colaboradores, posteriormente hablaremos del PEEL Project y para finalizar este capítulo sobre algunas propuestas constructivistas para la formación inicial del profesorado, nos referiremos a la propuesta del profesor como profesional que se autoevalúa.

## 2.2. Constructivismo y Práctica Reflexiva

Uno de los números de *Science Education* (Vol. 83, Nº.3, 1999), se dedicó completamente a la presentación de una investigación desarrollada por Peter Hewson,

Robert Tabachnick y Kenneth Zeichner, durante la década de los noventa, a raíz de un proyecto para la formación del profesorado de ciencias, tanto de primaria como de secundaria, que estos investigadores presentaron a la National Science Foundation, en 1991. El proyecto se fundamentaba en dos conjuntos de ideas muy significativos en el contexto actual: *el constructivismo y la práctica reflexiva*.

No tuvimos oportunidad antes de febrero del 2001, de conocer y revisar esta publicación (donde aparece la descripción del proyecto, sus resultados, sus limitaciones y los comentarios que al respecto hicieron otros autores), por lo cual, no dejó de sorprendernos que al contrastar nuestro enfoque teórico y los resultados que teníamos, con los que ellos habían obtenido, coincidiéramos en muchos puntos de vista. Tomando las distancias necesarias y oportunas, este estudio se convirtió en un punto de referencia importante para nuestra investigación y la publicación mencionada ha sido la fuente básica de la reseña que presentaremos a continuación.

Estos autores (Hewson et al, 1999) justifican su propuesta de formación inicial del profesorado de ciencias, en que lo que el profesor piensa sobre la ciencia, la enseñanza, el aprendizaje y los contenidos, influye en la forma en que enseña ciencias – y al parecer, todos los que estudiamos la formación del profesorado, estamos de acuerdo con esto. De hecho, ellos argumentan que:

- si la finalidad de la enseñanza de las ciencias - desde alguna de las disciplinas – es mejorar la educación de los alumnos y,
- si la enseñanza depende de lo que piensa el profesor y,
- si se puede influir sobre el pensamiento del profesor a través de los programas de formación,

entonces, es necesario investigar cómo se puede ejercer dicha influencia sobre el pensamiento de los futuros profesores, para modificar y/o profundizar las metas de estos programas.

Así pues, compartimos con ellos sus argumentos respecto a la influencia que se puede ejercer sobre el pensamiento del profesor, a través de sus cursos de formación. Estamos convencidas de que el modelo de enseñanza del profesor es el producto de la interacción entre lo que piensa sobre la ciencia, y la(s) forma(s) de enseñarla, aprenderla y evaluarla, en el marco del contrato didáctico (Brousseau, 1984).

Partiendo de estas premisas, Hewson y su equipo diseñaron y aplicaron un programa de formación inicial del profesorado de biología a nivel de primaria y secundaria, en la Universidad de Wisconsin – Madison (Estados Unidos). El programa fue dirigido por *profesores - formadores* que compartían con el grupo investigador, concepciones de tendencia constructivista sobre la enseñanza de las ciencias y estaban dispuestos a ponerlas en práctica.

El programa reunía dos aspectos de particular importancia. El primero, era que el *constructivismo* determinaba el enfoque del programa a través de un modelo de aprendizaje entendido como cambio conceptual, que a su vez, fundamentaba diferentes facetas de la formación del profesor, principalmente, todo lo relacionado con los cursos de didáctica de las ciencias y el practicum. El segundo aspecto, era que los futuros profesores estaban comprometidos en una *práctica reflexiva* a través de la investigación – acción, cuya finalidad era la de que estudiaran su propia práctica y la mejoraran. El

centro de esta actividad, era un *seminario de investigación – acción* de un semestre de duración, simultáneo con la realización del practicum.

A continuación, haremos un breve recorrido por los fundamentos que defiende este grupo, que acompañaremos con un comentario en el que presentamos nuestras consideraciones al respecto.

## El Constructivismo

Para estos autores, el constructivismo es una forma de ver el aprendizaje, en la que los aprendices están involucrados activamente en el proceso de construcción de conocimiento, a partir del que ya poseen, de modo que las nuevas experiencias tengan sentido. Esta toma de sentido tiene lugar en un contexto de interacción social y negociación de acuerdos y a través de ella, los aprendices construyen conocimiento de una manera coherente y útil para ellos y producen patrones de creencias relativamente estables. Dada la influencia de la interacción social, el conocimiento construido por cada persona, habitualmente no es completamente personal e idiosincrático. Esto nos permite decir que la propuesta de estos autores, así como la nuestra, se sitúan en una visión social del constructivismo.

Desde esta perspectiva, estos autores están de acuerdo en que así como los alumnos desarrollan concepciones complejas y elaboradas sobre el mundo natural, también puede esperarse que los profesores desarrollen concepciones generalizadas sobre la enseñanza, basadas en su propia experiencia como alumnos, lo que incluye a los profesores que les son más significativos (coincidiendo con Furlong & Maynard, 1995 y con Griffiths, 2000). En general, estamos de acuerdo con que esta experiencia es mucho más determinante e influyente, que la experiencia de aprendizaje que pueden tener durante los cursos de formación.

Así, los futuros profesores construyen estructuras en las que incorporan eventos de aula, conceptos a enseñar, comportamientos socialmente aprobados y patrones de explicación. Estas estructuras (que se constituyen en su marco teórico para la enseñanza y que generalmente funcionan de modo implícito) son las siguientes: su visión de conocimiento, aprendizaje y ciencia, su conocimiento disciplinar y las formas en las que enseñan, junto con información específica y detallada sobre el contenido, los alumnos, los procedimientos escolares, etc. Esto es lo que ellos llaman *concepción de enseñanza de la ciencia* (Hewson y Hewson, 1988).

Compartimos con estos autores, que el constructivismo es un enfoque que debe estar inmerso en el programa de formación, si es que la meta es que los futuros profesores lo usen también en sus prácticas de enseñanza. Además, hay dos razones poderosas para esta decisión. La primera, es la convicción de que hay que *predicar y aplicar*. Resulta absolutamente inconsistente, hablar de constructivismo sin hacer el esfuerzo de llevarlo a la práctica. La segunda razón, es que sabemos que estos estudiantes tienden a realizar sus prácticas de un modo *imitativo*, en cuanto intentan hacer sus clases parecidas a las que han visto hacer a sus profesores – formadores y tutores. Para tomar esta característica de su aprendizaje como una ventaja, optamos por diseñar un curso de didáctica de las ciencias con este enfoque, asumiendo que el modelo de estas clases se les convertirían a su vez en el modelo a seguir.

También estamos totalmente de acuerdo en que así como los alumnos construyen explicaciones sobre el mundo, los profesores también lo hacen sobre la enseñanza de la ciencia. Además, en la interacción con otros, el futuro profesor aprende que hay otras explicaciones distintas a las suyas y en el transcurso de dicha interacción o como consecuencia de ella, van cambiando sus explicaciones.

Hewson et al. sugieren que hay dos formas en las que el constructivismo ha sido aplicado productivamente a la enseñanza de las ciencias: Una, es en el estudio del conocimiento que tienen los alumnos sobre los fenómenos naturales y otra, es la de pensar el aprendizaje como un proceso de cambio conceptual.

### **El Cambio Conceptual**

La interpretación de que las respuestas de un alumno están determinadas por concepciones que pueden ser alternativas a las visiones aceptadas, sugiere que el aprendizaje puede involucrar el cambio de las concepciones de una persona, por adición del nuevo conocimiento al que ya se encuentra allí. Esta visión fue desarrollada dentro del modelo de aprendizaje por cambio conceptual (MCC), por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) y ha sido promovida por Hewson (1981, 1982).

Desde este punto de vista, el aprendizaje implica una interacción entre el nuevo conocimiento y las concepciones ya existentes y el resultado depende de la naturaleza de dicha interacción. Hay dos componentes esenciales en el MCC. El primero, son las condiciones que deben reunirse para que una persona experimente el cambio conceptual. Entre más condiciones reúna la concepción, mayor es su *estatus* (Hewson & Hewson, 1992) y la persona la mantiene, sea o no sea consecuente con el conocimiento aceptado por la comunidad científica.

El segundo de esos componentes es la *ecología conceptual* de la persona, que proporciona el contexto en el cual ocurre el cambio conceptual, a su vez influye en el cambio y le da significado. La ecología conceptual está constituida por conocimientos de tipo muy diferente, el más importante de los cuales puede ser el compromiso epistemológico (p.ej. consistencia o capacidad de generalización), creencias metafísicas acerca del mundo (p.ej. la naturaleza del tiempo) y analogías y metáforas que pueden servir para estructurar la nueva información.

En otras palabras, cuando una persona mantiene una concepción particular, el sentido que le da y las razones que tiene para mantenerla, están enraizadas en su ecología conceptual, porque es una influencia esencial sobre el *estatus* que la concepción tiene para él/ella.

Estas consideraciones tienen implicaciones, tanto para el contenido, como para las estrategias utilizadas en la enseñanza de las ciencias y en la formación del profesorado. No obstante en nuestra investigación, la concepción de aprendizaje no es precisamente la del cambio conceptual. De hecho, desde cuando este estudio comenzó a gestarse, ya teníamos una metodología propia para propiciar la regulación y la autorregulación de los aprendizajes, que era diferente a aquella que se usa para producir aprendizajes por cambio conceptual.

Pensamos que el futuro profesor puede aprender a enseñar ciencias, apoyándose en un proceso metacognitivo en el que somete a evaluación sus propias concepciones y sus prácticas y las contrasta con los enfoques teóricos que están detrás de cada modelo de enseñanza. A lo largo del curso de didáctica, les presentamos a los estudiantes actividades de enseñanza – aprendizaje diseñadas en función de la regulación y autorregulación de sus aprendizajes, en torno a las relaciones entre sus concepciones de ciencia, enseñanza, aprendizaje y evaluación. Por su parte, en el MCC las actividades se centran en la valoración del *estatus* de las concepciones de los estudiantes sobre la ciencia y su enseñanza, el seguimiento de su *ecología conceptual* o sobre la *inteligibilidad, plausibilidad y productividad* de sus propias concepciones o de las que se les presentaban. De todas maneras, aceptamos que es posible interpretar cada una de las actividades presentadas, como contextos en los cuales los futuros profesores cuestionaron el estatus de sus concepciones de acuerdo con su ecología conceptual.

Nuestros puntos de vista quedarán mejor explicados en el capítulo siguiente, pero en todo caso, quisiéramos aclarar que intentamos recorrer un camino teórico y metodológico diferente al del cambio conceptual y no menos difícil. La finalidad de las actividades de enseñanza propuestas a los estudiantes, no era la de provocar dicho cambio en el sentido que tiene el MCC, sino más bien, el de que el estudiante aprendiera a enseñar utilizando un nuevo modelo, pasando por un proceso de reflexión que le permitiera darse cuenta de las diferencias entre una y otra forma de enseñar, así como también de que el modo de pensar de sus alumnos, sus puntos de vista o sus ideas, son diferentes a los suyos como profesor.

### **Práctica Reflexiva e Investigación – Acción**

Hewson et al. están de acuerdo con muchos otros investigadores, en que la reflexión ha llegado a ser una parte integral de la práctica profesional, incluso en la educación. La reflexión comprende las formas en que los profesionales retornan sobre su práctica, con el objeto de contemplarla, entenderla y mejorarla, como ya lo expresaban Carr & Kemmis (1988).

La investigación sobre formación del profesorado ha identificado el papel crítico que juega la reflexión en la práctica de enseñanza y también ha demostrado que la investigación – acción es un método poderoso para formar profesores reflexivos, ya que es una forma de *investigación colaborativa y reflexiva*, que los profesores realizan sobre su práctica. Estos autores norteamericanos comparten la noción de *práctico reflexivo* de D. Schön (1987), especialmente porque están de acuerdo con que durante la formación profesional, se le da mucha atención a las teorías fundamentales, pero muy poca o ninguna al conocimiento que se deriva de la práctica.

Ellos asumen que una de las metas de la formación inicial del profesor es precisamente la de lograr que sea un *profesor reflexivo*. Este es uno de los aspectos fundamentales de su proyecto y para desarrollarlo, implementaron un seminario de investigación – acción, como un método para atender al objetivo de formar profesores que alcanzaran un cambio conceptual, a partir de lo que podían aprender de su propia práctica.

La investigación – acción es una forma de indagación colaborativa y reflexiva que los futuros profesores llevan a cabo para mejorar sus propias prácticas y entenderlas. Esto requiere que el profesor desarrolle una disposición y capacidad para examinar y mejorar la forma en que enseña ciencias. Hay una extensa bibliografía sobre estudios que reportan las ventajas de la investigación – acción en la formación inicial y continuada de los profesores en muchas áreas. En general, estos estudios concluyen que los profesores que se comprometen en esta reflexión, llegan a ser más conscientes de su quehacer, de los vacíos entre sus creencias y sus prácticas y de lo que sus alumnos piensan, sienten y aprenden. También hay evidencias de que les ayudan a promover sus habilidades de razonamiento y facilita el desarrollo de su disposición a auto-monitorear su propia práctica (p.ej. Biott, 1983; Elliot, 1980).

El trabajo de Hewson et al., en la Universidad de Wisconsin, ha seguido la línea de la espiral de la investigación – acción (Kemmis & McTaggart, 1988). Reconocen que esta espiral autoreflexiva de planear, actuar, observar y reflexionar, ocurre de modo natural en el trabajo de los profesores, aunque no siempre en ese orden. La ventaja de la I – A, es que estas fases tienen lugar de un modo más cuidadoso y sistemático, así el profesor también es más consciente de lo que sería habitualmente de modo intuitivo. Además, *en I – A no se hace diferencia entre la práctica que se investiga y el proceso de investigación.*

Al igual que con el modelo de cambio conceptual, tenemos puntos de vista diferentes sobre la reflexión y el modo de propiciarla. Consideramos que es un elemento fundamental para un profesor de ciencias y de hecho, tuvimos un interés constante a lo largo del curso en que los estudiantes reflexionaran sobre distintos aspectos de la enseñanza de las ciencias, pero lo hicimos desde el enfoque de la metacognición, no desde el enfoque de la investigación – acción. En primer lugar porque la I – A no hacía parte de los principios teóricos que orientaban nuestro trabajo. No se pretendía que las prácticas que los estudiantes realizaban en los institutos, fuesen para ellos objeto de investigación, ni que entraran en un proceso tal. Nos parecía más importante que estos estudiantes aprendieran a orientar su actividad, a planificarla, a anticipar sus resultados, a monitorearla y a introducir los cambios que consideraran necesarios, apoyados siempre en un modelo constructivista sobre la enseñanza, que le daba sentido a su práctica. Para ello, nos era más útil el enfoque metacognitivo.

Reconocemos que como formadoras de profesores y como investigadoras, estábamos en un constante proceso de reflexión crítica, pero tampoco en el sentido de la I-A, sino en el de nuestra propia regulación y autorregulación al tomar decisiones sobre los contenidos de didáctica a enseñar a nuestros estudiantes. Para ello, contrastábamos la planificación de las actividades, con los resultados obtenidos (incluyendo los de cursos anteriores), controlábamos la coherencia entre los aspectos teóricos a enseñar y las prácticas que harían los estudiantes ó entre los resultados obtenidos y los objetivos previstos. El modelo teórico que está detrás de este tipo de reflexión, corresponde con el de la Teoría de la Actividad, que explicaremos en el capítulo tres.

Siguiendo con la reseña del trabajo de Hewson y su equipo, queda claro que para ellos una cosa es argumentar que la investigación – acción es una forma efectiva de formar profesores reflexivos que sean capaces de enseñar por cambio conceptual, pero otra muy diferente, es demostrar que los componentes del programa de formación (los cursos de didáctica de las ciencias y el seminario de investigación – acción), ejercen

influencia sobre los pensamientos y acciones de los profesores. Este era el objeto de su estudio.

Las preguntas que orientaron la investigación de estos autores son las siguientes:

- ¿Cuál es el carácter de los componentes del programa (cursos de didáctica y seminario de investigación – acción)?
- ¿Cómo se desarrollan los futuros profesores con respecto a su práctica de enseñanza, a lo largo de su programa de formación inicial?
- ¿Qué influencia tienen otros componentes del programa sobre el desarrollo de la práctica de los futuros profesores?

De estas tres preguntas, la segunda es la que más se aproxima a los objetivos de nuestra investigación, sólo que haciendo la precisión de que nos interesa por un lado, analizar cómo la interacción social favorece la implementación de los nuevos puntos de vista sobre la enseñanza, por parte de los futuros profesores y por otro, describir e interpretar la evolución del modelo de enseñanza de tres futuras profesoras, no solamente durante sus prácticas de enseñanza, sino durante todo el curso de didáctica de las ciencias.

Dado que el constructivismo, el cambio conceptual y la práctica reflexiva son los principales fundamentos teóricos en el estudio de Hewson y sus colegas, parece importante comentar lo que estos autores piensan respecto a las implicaciones que el cambio conceptual trae para la enseñanza de las ciencias.

### **Enseñanza para el Cambio Conceptual**

Para empezar, hay que aceptar que los estudiantes mantienen concepciones que pueden necesitar de un cambio y en este sentido, es responsabilidad de los profesores, propiciar prácticas de enseñanza que faciliten dicho cambio conceptual. Muchos estudios recientes, han intentado tomar en cuenta las concepciones de los alumnos sobre los fenómenos naturales. De sus resultados se desprenden una serie de componentes característicos de lo que se ha llamado *enseñanza para el cambio conceptual* (Hewson, Beeth & Thorley, 1998), que se describen a continuación:

*Ideas:* Tanto las ideas de los alumnos, como las del profesor, deben ser una parte explícita del discurso del aula, de manera que es necesario que el profesor diseñe actividades que permitan diagnosticar y explicitar las concepciones de los alumnos. Hay varias razones que justifican que las ideas explícitas de los alumnos hagan parte del discurso del aula: al explicitarlas el alumno gana confianza en sus propias habilidades y conocimientos, al darse cuenta de que otros piensan como él/ella o tienen dificultades parecidas; además, la exploración le ayuda al profesor a conocer las ideas que usan los alumnos como marco teórico y le sirven a él/ella como concepciones iniciales a partir de las cuales se construyen nuevas concepciones, a través de un proceso de revisión; también se crea la necesidad de comparar diferentes ideas e identificar criterios para escoger entre varias y finalmente, es útil para que el profesor planifique la enseñanza de modo que pueda alcanzar los resultados deseados. Muchos enfoques han utilizado este aspecto (Scott, Asoko & Driver, 1992).

*Metacognición:* El discurso del aula debe ser explícitamente metacognitivo. Para que el aprendizaje sea metacognitivo, los alumnos deberían llegar a ser capaces de revisar una

o más de sus ideas o las de otros, de manera que puedan pensarlas y expresar una opinión. Ellos llegan a entender que sus ideas tienen una historia epistemológica y que tales ideas (o concepciones) pueden ser cambiadas sobre la base de un conjunto de criterios (Baird & Mitchell, 1986; White & Gunstone, 1989; Gunstone, 1994).

*Estatus:* El estatus de las ideas necesita ser discutido y negociado. La enseñanza para el cambio conceptual debería facilitar a los estudiantes, poder considerar diferentes ideas, dando lugar a la necesidad de tomar decisiones informadas. Entre las opciones está la de continuar prefiriendo sus propias ideas, aceptar más de una idea, una combinación de sus ideas con las de otros o preferir una idea diferente, a costa de las suyas. Elegir una de estas opciones, no requiere de la extinción de las ideas rechazadas. Más bien, en el proceso de selección, los alumnos son capaces de encontrar que para ellos, algunas ideas son más o menos aceptables que otras. En otras palabras, el *estatus* de las ideas cambia y mientras que unas se destacan, otras pierden relevancia.

Este componente se desarrolla en el aula, cuando el profesor facilita la discusión y negociación entre ideas competentes o emergentes. Su papel, es el de propiciar un ambiente en el cual, el alumno haga juicios de estatus, ya que el profesor no puede cambiar el estatus de una concepción mantenida por un alumno/a, sólo él/ella puede hacerlo (y de ahí que aprender, sea un acto único y personal).

*Justificación:* La justificación de las ideas y de las decisiones sobre el estatus de las concepciones, debería ser un componente explícito del currículum. Al tomar decisiones sobre dicho estatus, los alumnos tienden a mantener uno o más criterios fijos. Estos criterios y el conocimiento requerido para aplicarlos, son componentes significativos de la *ecología conceptual* de cada persona (así como muchas ideas de diferente tipo). El estatus de cada una de esas ideas, podría ser el foco de atención de la persona en diferentes ocasiones, de modo que debería ser considerado explícitamente en el currículo. Mientras que la justificación está inmersa en la necesidad de explicitar el estatus, ésta incluye el énfasis del papel esencial que juegan los diferentes componentes de la ecología conceptual de una persona, en el aprendizaje por cambio conceptual.

De estos cuatro componentes, solamente los dos primeros (ideas y metacognición) se consideraron explícitamente en nuestra propuesta. Las *ideas*, porque al igual que estos autores, creemos que son la base del aprendizaje, que hay que expresarlas para que profesor y estudiante sepan qué contienen y cómo avanzar sobre ellas. De ahí la importancia que le dimos a la exploración de las ideas que nuestros estudiantes tienen sobre la ciencia, su enseñanza, aprendizaje y evaluación. La *metacognición*, porque las actividades de enseñanza – aprendizaje que se diseñaron y aplicaron durante el curso de didáctica, fueron pensadas para que los futuros profesores, cuestionaran las relaciones que se pueden establecer entre estas concepciones, es decir, para que asumieran posturas críticas frente a sus propios puntos de vista (*ideas*), ya que por un lado, de la naturaleza de tales relaciones, depende el modelo de enseñanza de las ciencias y por otro, intentamos que dicha crítica les permitiese saber qué estaban aprendiendo, cómo y para qué.

Por el contrario, el *estatus* y la *ecología conceptual*, no son componentes básicos de nuestra propuesta, pero eso no significa que no creamos que son importantes. Consideramos que durante la interacción social, muchas de las verbalizaciones de los estudiantes, que hemos interpretado como evidencias de su aprendizaje, pueden ser

producto de una modificación que ellos han hecho del estatus que tenía alguna de sus ideas, lo cual a su vez, ha modificado su ecología conceptual, y en sentido contrario, dicha ecología ha determinado la calidad del aprendizaje y/o las nuevas relaciones que la estudiante ha construido. No obstante, no hemos utilizado este enfoque teórico para hacer nuestras interpretaciones porque, como ya lo hemos mencionado, tenemos como base la Teoría de la Actividad que relacionada con la metacognición, nos ayuda a explicar cómo aprendieron a enseñar ciencias estos estudiantes.

De acuerdo con Hewson et al, hay varios factores ambientales que favorecen la funcionalidad de estos cuatro componentes:

- *El clima de aula*: donde se debería promover una actitud de respeto por las ideas de profesor y alumnos, incluso cuando sean contradictorias.
- *El papel del profesor*: pues es él/ella quien debería ser el facilitador del aprendizaje, más que la autoridad final sobre lo que cuenta como idea aceptable en el aula. Esto implica propiciar oportunidades para que los alumnos se expresen sin temor al ridículo.
- *El papel del alumno*: es el de tener voluntad para responsabilizarse de su propio aprendizaje, para reconocer las ideas de otros y para cambiar sus puntos de vista cuando otros les parezcan más viables. Ellos deberían monitorear su propio aprendizaje y ser capaces de construir conocimiento científicamente válido.

Estos factores también los tuvimos en cuenta, a la hora de diseñar las actividades para el curso de didáctica de las ciencias, porque hacen parte de lo que creemos que es construir un ambiente de aprendizaje óptimo para la regulación.

Entre las actividades que según estos autores, pueden promover el cambio conceptual, están las evaluaciones para explicitar las concepciones de los alumnos y su uso como punto de partida para la enseñanza; los mapas conceptuales; la reflexión sobre sus concepciones a través de diarios o el trabajo en pequeños grupos y las explicaciones del profesor dirigidas a ayudar a los alumnos a clarificar sus concepciones. En nuestro curso de didáctica, utilizamos este tipo de actividades y también muchas otras, con la intención de que los futuros profesores, aprendieran a enseñar ciencias con un modelo de orientación social – constructivista.

Como ya lo hemos explicado, a diferencia de estos autores, el objetivo primordial de cada actividad no se centraba en que el estudiante valorara el estatus de sus propias ideas y las que se le estaban presentando (*inteligibilidad*), o la consistencia o inconsistencia de concepciones competentes con aquellas que para él/ella tenían un estatus superior (*plausibilidad*) o para mostrar como las concepciones competentes resuelven problemas o abren nuevas vías para pensar (*productividad*). Tampoco el centro de la actividad era la justificación de las ideas en sí mismas. Pero reconocemos que esto no quiere decir que las actividades no hayan llevado a que los estudiantes hiciesen este tipo de consideraciones. Todo lo contrario, suponemos (y esperamos) que sí.

Se sabe de muchos estudios que han intentado utilizar estos ‘principios – guía’ para ayudar a estudiantes de diferentes niveles de escolaridad, a cambiar sus concepciones en las distintas disciplinas científicas. Carmichael et al (1990) y Pfundt & Duit (1994) han recopilado una extensa bibliografía al respecto y reportan estudios exitosos, así como otros que no lo son tanto. Duit (1999) dice que *no ha encontrado ni un solo estudio*

sobre las concepciones de los alumnos en el que una concepción concreta, de aquellas profundamente arraigadas en los alumnos, haya sido totalmente extinguida y sustituida por una nueva idea. La mayoría muestran un éxito limitado respecto a la aceptación de las nuevas ideas y las viejas ideas siguen vivas y surgen en contextos particulares. Con esto, parece quedar claro que el cambio conceptual no es el reemplazo de una idea por otra, y también, que a pesar de las precisiones que este modelo ha tenido como consecuencia de su propia evolución, hay que reconocer que lograr un cambio conceptual es muy difícil.

### **Cambio Conceptual y Formación del Profesorado**

Es razonable pensar que los futuros profesores llegan a sus programas de formación con sus propias concepciones individuales de lo que significa enseñar ciencias, que pueden ser muy diferentes de las que tiene un profesor que enseña para el cambio conceptual. Así entonces, según Hewson y sus colaboradores, los futuros profesores *necesitan experimentar el cambio conceptual* con respecto a sus concepciones de enseñanza, aprendizaje, ciencia y/o, naturaleza del conocimiento. Estamos bastante de acuerdo, en que los futuros profesores necesitan *experimentar* el nuevo modelo de enseñanza porque como ya lo explicábamos, no se puede ‘predicar sin aplicar’. Es necesario que ellos vean sus cursos de formación como una experiencia educativa valiosa (Baird & Northfield, 1992; Griffiths, 2000). Además, porque –como ya lo hemos comentado–, estos estudiantes tienden a imitar el modelo que ven en sus profesores formadores y tutores o de la secundaria y la universidad. Pero también, consideramos que en el breve lapso de un curso de didáctica de las ciencias como el nuestro, hubiese resultado pretencioso suponer que podríamos lograr que nuestros estudiantes aprendieran a enseñar ciencias, de una vez por todas, con el modelo que se les propuso. Los resultados que arroja este estudio demuestran que aprender a enseñar ciencias desde una perspectiva constructivista, es muy difícil.

Respecto a la fundamentación teórica que Hewson et al., (1999) tienen para la formación del profesorado, ellos usan el término *concepción de enseñanza de la ciencia* como un término que encierra *ciencia* (la naturaleza de la ciencia, del conocimiento científico, etc.), *aprendizaje y enseñanza* y las relaciones entre estas tres concepciones. Nos parece un término bastante oportuno, en cuanto recoge la complejidad de cada una de las concepciones por separado y de las relaciones entre las mismas, que es lo que en última instancia define el modelo de enseñanza. No obstante, añadimos a esta concepción, la de *evaluación*, por su papel como informadora del estado de aprendizaje del alumno y como punto de partida para las reflexiones del profesor sobre la enseñanza.

### **La propuesta de formación inicial**

Las ideas clave que contribuyeron a la formulación de las cuatro afirmaciones que se mencionarán a continuación, estuvieron presentes desde el comienzo del estudio de Hewson, pero estas afirmaciones se fueron concretando a lo largo de la investigación:

- Los alumnos aprenden (ciencia)
- Los profesores enseñan (ciencia) a los alumnos

- Los futuros profesores aprenden (cómo enseñar ciencias a los alumnos)
- Los profesores – formadores enseñan (cómo enseñar ciencias a los alumnos) a los futuros profesores.

Aunque en apariencia son bastante obvias, lo cierto es que su explicitación sirvió a los autores para sintetizar los principales aspectos de su propuesta. En la siguiente tabla (tomada de Hewson et al., 1999 pg. 258), aparece en negro lo que los futuros profesores necesitan saber acerca de los diferentes aspectos de su programa de formación para enseñar por cambio conceptual y con los cuales estamos de acuerdo, aunque nuestra perspectiva sea la de la regulación de los aprendizajes; en verde, se han señalado aquellos que sólo harían parte de la propuesta de Hewson et al, y en rojo, la alternativa que diferenciaría nuestra propuesta de la de estos investigadores:

Con respecto a cómo:	Los futuros profesores necesitan saber:
<p>A. Los ALUMNOS aprenden ciencia</p>	<p>Ideas acerca de los alumnos; aprendizaje y ciencia, es decir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contenido de la ciencia</li> <li>- Naturaleza de la ciencia</li> <li>- Naturaleza de los alumnos y del aprendizaje</li> <li>- Currículo</li> </ul> <p>En particular:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepciones de los alumnos sobre los fenómenos naturales</li> <li>- Constructivismo</li> <li>- <b>Aprendizaje por cambio conceptual, incluyendo estatus, ecología conceptual y metacognición. Regulación y autorregulación de los Aprendizajes.</b></li> </ul>
<p>B. Los PROFESORES enseñan ciencias a los alumnos</p>	<p>Ideas acerca de los profesores y la enseñanza; es decir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocimiento Didáctico</li> <li>- <b>Conocimiento Didáctico del Contenido</b></li> <li>- Currículo</li> <li>- Evaluación</li> <li>- Relaciones entre el pensamiento del profesor y sus acciones</li> </ul> <p>En particular:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepciones de enseñanza de las ciencias de los profesores</li> <li>- Estrategias y acciones para la enseñanza de las ciencias</li> <li>- <b>Enseñanza por cambio conceptual. Enseñanza a través de modelos.</b></li> <li>- <b>Evaluación Formativa y Formadora para la Regulación de los Aprendizajes.</b></li> </ul>
<p>C. Los FUTUROS PROFESORES aprenden cómo enseñar ciencias a los alumnos</p>	<p>Ideas acerca de los futuros profesores aprendiendo a enseñar; es decir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sus concepciones de enseñanza de las ciencias, incluyendo: un marco teórico para la enseñanza; visiones de conocimiento, aprendizaje, ciencia y enseñanza <b>y evaluación.</b></li> <li>- Las estrategias de enseñanza que usan</li> <li>- Sus prácticas de enseñanza, o sea, las relaciones entre sus pensamientos y acciones</li> <li>- <b>Métodos de reflexión</b> acerca de su enseñanza</li> </ul>

Como se puede observar, compartimos gran parte de la propuesta de Hewson et al., para la formación inicial del profesorado de ciencias. La diferencia está en nuestro distanciamiento del aprendizaje por cambio conceptual, pues entendemos más bien que se trata de un proceso de regulación y autorregulación de los aprendizajes y por otra parte, que en la enseñanza y el aprendizaje, las estrategias de evaluación formativa y formadora juegan un papel fundamental para propiciar la regulación y autorregulación de los aprendizajes.

## Resultados, Limitaciones y Recomendaciones

Los resultados obtenidos en este estudio, se basan en la descripción y análisis de:

- dos componentes básicos del programa de formación: Los cursos de didáctica de las ciencias [*science methods courses*] para futuros profesores de primaria y secundaria y el seminario de investigación – acción y,
- el estudio de caso de seis futuros profesores, a medida que avanzaban en el programa.

En general, concluyeron que los cursos ejercen una influencia significativa sobre los futuros profesores, respecto a cómo ven la ciencia y cómo la enseñan. En este sentido, sugieren que habría que hacer grandes cambios en cuanto a cómo son enseñados estos contenidos por parte de los profesores – formadores. A su vez, estos cambios dependen de cómo dichos contenidos son conceptualizados por los futuros profesores. También es muy importante la influencia de los profesores - tutores, del currículo y del ambiente de la escuela, de manera que se necesita una cooperación mucho más estrecha, entre centros de práctica y universidades. Así, el desarrollo profesional de los futuros profesores y de los que están en formación continuada, puede ser integrado, porque aprender a enseñar debería ser una experiencia coherente, que este presente a lo largo de su vida profesional.

Los problemas que sugieren los futuros profesores y las preguntas que tienen importancia para ellos, están firmemente enraizadas en su conocimiento previo, así como en las experiencias de su programa de formación. De ahí la importancia de que los profesores – formadores y los tutores, atiendan a las ideas de sus estudiantes, así como lo hace (o lo debería hacer) un profesor de ciencias en su aula.

Otro factor crucial, es cómo entienden los futuros profesores la naturaleza del conocimiento: Si para ellos, el conocimiento científico es una verdad, no tiene sentido diseñar actividades y dejar tiempos para que los alumnos consideren explícitamente el *estatus* de sus propias ideas y de las que se le presentan, ya que estas últimas deben ser aceptadas sin más.

Una de las conclusiones que más nos interesan del trabajo de estos autores norteamericanos, es que aunque muchos de los futuros profesores aprendieron cómo explicitar el conocimiento previo de sus alumnos (ya que se insistió mucho sobre ello), sólo unos pocos fueron capaces de usar este conocimiento que tenían sobre el pensamiento de sus alumnos para planear la enseñanza. Los resultados que hemos obtenido en nuestro estudio a este respecto, son como se verá más adelante, absolutamente coincidentes con esta conclusión: Por lo general, nuestros estudiantes aprenden a diseñar evaluaciones iniciales y en sus entrevistas argumentan la importancia de hacerlas para conocer los puntos de partida de los alumnos y planificar sobre esta base la unidad didáctica. No obstante, en el momento de realizar dicha planificación, muy pocos saben utilizar la información recogida a través de la actividad de exploración.

La razón que dan Hewson y sus colaboradores es que dentro de la visión positivista que estos estudiantes tienen sobre el conocimiento, es muy difícil aceptar como una

actividad productiva, la discusión de las ideas de los alumnos en clase, ideas que han sido explicitadas mediante la actividad de evaluación inicial. De hecho, muchos de nuestros estudiantes y de algunos de sus tutores, exponen abiertamente que ‘les parece una pérdida de tiempo porque los alumnos aprenden si escuchan atentamente la explicación del profesor’.

En el estudio de Hewson et al, esto les creó un dilema a sus futuros profesores, quienes lo resolvieron destacando el valor de explicitar las ideas de los alumnos como una contribución a la creación de un ambiente de apoyo en el aula, de una atmósfera inclusiva, tolerante y abierta a las opiniones, en la que los alumnos se sientan a gusto y sin temor de expresarse, lo cual, sin dejar de ser muy importante, hizo que para ellos perdiera importancia el significado de averiguar las ideas de los alumnos como un medio para abrir paso a (o bloquear) la conceptualización de los resultados curriculares que se esperaban. En otras palabras, la función afectiva de considerar las ideas de los alumnos en el aula era más importante para estos futuros profesores, que su función cognitiva (Lemberger, Hewson & Park, 1999), de modo muy similar a lo que piensan la mayoría de nuestros estudiantes del curso de didáctica de las ciencias, para quienes al menos en principio, lo esencial es que los alumnos *disfruten* de la clase.

Varios factores obstaculizaron la implementación de la enseñanza por cambio conceptual: los futuros profesores tenían sus propias visiones no-constructivistas sobre el conocimiento; tenían un conocimiento fragmentado y estático acerca del contenido de la ciencia; la escasez de tutores que pudieran modelar la enseñanza por cambio conceptual y las condiciones de trabajo del formador, del tutor y del futuro profesor, que impedían dedicar tiempo y esfuerzos a la reflexión sobre la enseñanza.

A continuación, mencionaremos los principales resultados de los estudios de caso de los tres futuros profesores de secundaria que hicieron parte de esta investigación (Lemberger et al., 1999):

- Todos llegaron al programa con concepciones positivistas del conocimiento y de la ciencia. Pensaban que la ciencia era un cuerpo de información estable y verdadero. Si bien tenían alguna idea de la importancia de reconocer a la ciencia como un conocimiento en evolución, lo cierto es que no tenían ninguna respecto al papel de la teoría en la construcción de la ciencia y en la producción de conocimiento científico.
- Todos entraron al programa con un conocimiento estático y fragmentado de la biología y aunque este carácter permaneció invariable a lo largo de su formación, todos terminaron con una confianza mucho mayor en su conocimiento biológico. También alcanzaron una mayor claridad acerca de lo que sabían y lo que no sabían.
- El nivel de dominio del conocimiento biológico que tenían estos estudiantes, era inadecuado para enseñar en la secundaria y posiblemente también lo era para la primaria. El problema no está en la cantidad de información, sino en la carencia de coherencia y profundidad de aquello que deberían saber y de cómo se produce dicho conocimiento. Los autores sugieren que este puede ser el resultado de las estrategias de enseñanza y de evaluación de sus cursos de formación básica en ciencias durante la licenciatura.
- Las prácticas de enseñanza de todos sus estudiantes, tenían un carácter transmisionista, ya que para ellos era fundamental articular explícitamente conocimiento científico correcto, sobre la base de una creencia profundamente arraigada, pero acriticamente examinada, de que esto es lo que los alumnos deberían

- recordar. Sin embargo, a lo largo del año, desarrollaron un enfoque de enseñanza, más centrado en el alumno.
- A pesar de que todos adoptaron algunos de los componentes clave de la enseñanza por cambio conceptual (centrándose en las visiones de los alumnos y creando un clima de apoyo en el aula), podría decirse que su enfoque no es el del cambio conceptual. No exploraron las razones por las cuales, las visiones de los alumnos eran plausibles y productivas para ellos, ni se tomaron un tiempo para hacer actividades que pudieran incrementar el estatus de una visión científica aceptada y rebajar el estatus de otra que fuese contradictoria.

Respecto a los cursos de didáctica de las ciencias, el principal problema estuvo en el tiempo que era muy corto, ya que, aunque el profesor – formador enfatizaba los diferentes aspectos de la enseñanza por cambio conceptual, la brevedad del tiempo no permitía la inclusión de perspectivas más comprensivas sobre cómo aprenden ciencias los alumnos y cómo los profesores enseñan ciencias. Estos autores sugieren que sería particularmente conveniente, volver sobre los cursos de didáctica, una vez que el estudiante haya realizado sus prácticas, para valorar el estado de emergencia de sus concepciones constructivistas. Nosotras también creemos que esto sería lo ideal. En nuestro caso, también el tiempo estuvo en contra de las oportunidades para reflexionar: Los estudiantes tenían poco tiempo antes y después de sus clases en el instituto, para hacer reflexiones profundas y durante las clases de didáctica, tampoco hubo suficientes oportunidades para que hablaran sobre sus experiencias de aula.

Otro aspecto de suma importancia fue el papel que jugó el profesor – tutor, ya que es un modelo (positivo o no) y sus creencias y enfoque de enseñanza pueden influenciar de un modo significativo la dirección del desarrollo de las concepciones del futuro profesor. Erickson et al. (1994), documentaron problemas similares y nosotras también los encontramos en los cursos del CAP con varios de los tutores que no forman parte de esta investigación. El principal problema está en que los profesores - tutores raramente modelan el tipo de enseñanza que se pretende promover, de modo que los futuros profesores caen en el dilema de cómo acomodarse a las demandas que se les hacen. De hecho, el programa de formación también debería formarlos a ellos.

Según estos autores, establecer un clima de investigación en las escuelas e institutos es quizá uno de los elementos más críticos para conseguir una enseñanza por cambio conceptual y otras formas de enseñanza de corte constructivista. Dada la complejidad de enseñar con este enfoque, el futuro profesor necesitará continuar estudiando y monitoreando su práctica a medida que avanza en su profesión. Sin un clima de investigación en las escuelas y sin las oportunidades para que los profesores trabajen juntos con el objeto de estudiar su práctica de la manera en que lo hicieron durante su formación inicial, es posible que los futuros profesores retrocedan a formas de enseñanza de las ciencias menos complejas y demandantes y que son las que ellos ya conocen por su propia experiencia como alumnos. En este sentido, también estamos muy de acuerdo con Hewson y colaboradores y nos damos cuenta que los problemas sobre la formación del profesorado no son únicos ni específicos. Por el contrario, a pesar de las diferencias en los enfoques, aquellos problemas que se mencionan en estas conclusiones y limitaciones del estudio de Hewson et al, siguen estando ahí.

A continuación, reseñaremos el estudio del grupo de las Universidades de Melbourne y Monash.

### 2.3. El Desarrollo Metacognitivo de los Profesores en Formación Inicial

Hacia 1987, un pequeño grupo de profesores de la Universidades de Melbourne y de Monash, en la provincia de Victoria (Australia), inició un proyecto de investigación que duró tres años. Este estudio tenía dos contextos: Uno, era el del trabajo colaborativo con profesores de ciencias de secundaria (formación continua) y el otro, era un curso de formación inicial para estudiantes graduados de ciencias, durante el año 1987.

El trabajo de estos autores, que reseñamos a continuación, corresponde al del segundo contexto. La investigación consistió en seguir el desarrollo de la metacognición de estos estudiantes y de los aspectos implicados en ello. Luego, les hicieron un seguimiento durante los dos primeros años de enseñanza.

Estos resultados están recogidos en varias de sus publicaciones entre las que nos interesa principalmente: *A Case Study Exploration of Development in Preservice Science Teachers* (Gunstone et al, 1993). Como ya lo dijimos, el programa de formación inicial del profesorado de ciencias con el cual trabajan estos investigadores, se centra en desarrollar la metacognición (comprensión y control consciente sobre el propio aprendizaje) de manera que el futuro profesor se convierta en un aprendiz activo y autónomo, capaz de reconocer, evaluar y tomar decisiones respecto a sus concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Quince años después, las reflexiones de estos investigadores (Gunstone, 2000) siguen teniendo vigencia, y los ha llevado a plantearse más ampliamente los aspectos a tener en cuenta en la formación de los profesores de física. Pues bien, parece importante citar en este apartado dichas reflexiones, para tener un panorama más completo y actual de una propuesta con la que compartimos muchos puntos de vista, porque son consistentes con las reflexiones que hemos hecho en torno a la formación inicial de profesores de ciencias en nuestro contexto.

En primera instancia, Gunstone (2000) sugiere que hay aspectos sobre la formación de profesores de física, que son compartidos con los de otras áreas de la enseñanza y, aspectos que son comunes a la formación de cualquier profesional. A este respecto, explica que una práctica exitosa en cualquier profesión requiere:

- Conocimiento de la disciplina que se aplica en el ámbito profesional;
- Conocimiento de lo que se sabe acerca de las aplicaciones más adecuadas de dicho conocimiento y del impacto de los factores contextuales sobre su aplicación y,
- Práctica en la profesión y el conocimiento que se obtiene del análisis y reflexión sobre esta práctica.

Los profesores necesitan entender la(s) disciplina(s) que enseñan, entender lo que se sabe sobre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de esta disciplina y aprender de la práctica a través de la reflexión. Estos tres componentes de una enseñanza que podría considerarse exitosa, están totalmente interrelacionados entre sí.

Pero hay que tener en cuenta que independientemente de que la formación inicial sea muy buena, muy mala o algo intermedio, por definición es incompleta (Gunstone et al, 1993; Gunstone 2000). No se pueden alcanzar todos los objetivos que se quisieran lograr. De ahí la importancia de que, a nuestro modo de ver, el futuro profesor entienda

esta dificultad y se comprometa en continuar su formación.

### **La Reflexión sobre la Práctica**

Gunstone (2000) dice que un aspecto de importancia fundamental, es que el futuro profesor también entienda que no se aprende a enseñar solamente por la experiencia, sino que se aprende pensando (*reflexionando*) sobre dicha experiencia. Esta noción de *reflexión* o de *práctica reflexiva* es fundamental para aprender a enseñar, ya sea durante la formación inicial o continuada. Luego de revisar el trabajo de Daniel Schön, nos damos cuenta de que esto es igualmente importante para todas las profesiones.

No obstante, Gunstone (2000)<sup>2</sup> sostiene que la reflexión que se hace en un contexto de enseñanza, es bastante distinta de la que se suele hacer en los contextos de otras profesiones y estamos muy de acuerdo con él. Una de las razones, es que otros profesionales diferentes a los profesores, pueden detenerse durante una interacción profesional para reflexionar sobre cómo se está llevando a cabo dicha interacción y esto ocurre, ya sea que interactúe con ideas (el caso de los arquitectos o de los ingenieros) o con personas (pacientes, clientes legales). Incluso, es muy natural que el profesional le diga a su cliente: *‘Deme un minuto para pensar sobre esto’* ó *‘Permítame consultarle esto a mi colega’*.

En la enseñanza, no obstante, la reflexión durante la práctica es muy difícil y cuando ocurre, está substancialmente restringida por las presiones de tiempo (normalmente los profesores no tienen tiempo de hacerla o en tal caso, será muy breve porque tienen que atender a sus alumnos o a las actividades del instituto). Además, la reflexión con los colegas durante la práctica, es extremadamente rara, a menos que puedan crear un modo de reflexionar conjuntamente, por ejemplo cuando uno observa las clases de otro.

Otra característica que distingue a la reflexión de los profesores de la de otros profesionales, es que *casi nunca, el objeto de reflexión es el mismo*: Una clase no es igual a otra, así se apliquen las mismas actividades; la actividad que ha servido en una oportunidad, puede que no surta el mismo efecto en otra, a pesar de que las condiciones sean parecidas y a veces no se reflexiona con los otros profesores, sino con un psicólogo, con un terapeuta y hasta con un padre de familia. En estas circunstancias, es difícil que el/la profesor/a y su compañero(s) de reflexión, tengan los mismos referentes frente a una situación de enseñanza.

En resumen, la reflexión de los profesores se distingue de la de otros profesionales en que ocurre de forma más bien esporádica; si se realiza, está muy limitada por diferentes factores; el objeto de reflexión cambia mucho y esto hace que casi siempre sea una reflexión en solitario.

Este es uno de los principales aspectos para justificar por qué razón, el enfoque teórico

---

<sup>2</sup> Es muy interesante notar que cuando Gunstone y sus colaboradores desarrollaron su investigación, acogieron la noción de Schön sobre la práctica reflexiva, en la formación inicial del profesorado de ciencias, para caracterizar la reflexión de los profesores formadores.

de nuestra propuesta de formación inicial, se distancia de la noción de práctica reflexiva de D. Schön. Si bien reconocemos la importancia de la reflexión en el trabajo de un profesor, debemos admitir que se necesitan enfoques diferentes para la reflexión *sobre* el acto de enseñar, pues con un poco de empeño de su parte, ésta tendrá lugar antes y después de la práctica, pero es menos factible que cuando haya la oportunidad de hacer una reflexión con los colegas, éstos tengan algún conocimiento directo de la práctica que será motivo de reflexión: los colegas siempre reflexionarán desde su propia experiencia si no han tenido suficiente oportunidad de compartir una misma situación de enseñanza.

Dadas estas circunstancias, queda claro que si la reflexión del profesor es por lo general solitaria, como profesional que está reflexionando, necesitará un fuerte control en el inicio y dirección de dicha reflexión. En esto radica la importancia de la metacognición para reflexionar *sobre* y *en* la enseñanza y en dejar que la regulación de los aprendizajes pase de estar centrada en el profesor – formador, a ser responsabilidad del mismo estudiante.

### ¿Qué es / Cómo es la Metacognición?

Entre los investigadores del *Project to Enhance Effective Learning - PEEL Project*, (Baird & Northfield, 1992), que se desarrolló paralelamente a la investigación sobre formación inicial del grupo australiano y con el cual comparte el marco teórico sobre metacognición, Richard Gunstone es quizá quien más ha difundido sus ideas acerca de lo que el grupo entiende por este concepto clave para la formación del futuro profesor. La concepción que él maneja, es el producto de varios años de trabajo en las aulas de ciencias (con alumnos y con profesores en formación inicial y continuada); de la interacción con sus colegas de las Universidades de Melbourne y de Monash y con muchos otros profesores interesados en el impacto de la metacognición sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

En términos generales, Gunstone (1994) entiende que “*los alumnos son metacognitivos, si se comprometen conscientemente con un enfoque informado y autodirigido, para reconocer, evaluar y decidir, si reconstruyen sus ideas y creencias existentes*” (pg. 133). Fijémonos en que este punto de vista es consistente con la propuesta de Hewson et al (1999), en cuanto al estatus de las ideas, pero la diferencia está en lo que Gunstone entiende por ‘*enfoque informado*’: quiere decir que el alumno reconozca y evalúe sus ideas y creencias, teniendo en cuenta (principalmente) cuales son las metas de aprendizaje; los usos relevantes del conocimiento; las habilidades, estrategias y estructuras que va a aprender y los propósitos de las estrategias cognitivas particulares que son apropiadas para alcanzar las metas propuestas.

Es una concepción holística y multifacética, tiene muchos aspectos complementarios y es aplicable a profesores y alumnos. El autor la describe de la siguiente manera:

- La metacognición se refiere al conocimiento, consciencia y control del aprendizaje (Baird, 1986):
- El conocimiento metacognitivo incluye un conocimiento de la naturaleza y procesos del aprendizaje, así como también, de cuales son las estrategias efectivas para aprender y cuando usarlas y de las características del propio aprendizaje. Un

- conocimiento metacognitivo inadecuado, limita el alcance de la consciencia y el control.
- La consciencia, tiene que ver con las percepciones respecto al propósito de la actividad de enseñanza – aprendizaje y del progreso personal a través de la actividad y,
  - El control, corresponde con la naturaleza de las decisiones tomadas y de las acciones realizadas por el aprendiz, a lo largo de la actividad.
- El conocimiento metacognitivo, la consciencia y el control, son resultado del aprendizaje y a su vez, son fundamentales para alcanzar las metas del aprendizaje. En este sentido, estos aspectos se ven favorecidos por experiencias de aprendizaje que hayan sido diseñadas apropiadamente y con esa finalidad.
  - A menudo, el aprendizaje que da lugar a ideas y creencias metacognitivas es de tipo inconsciente, de modo que resulta difícil para el alumno, explicitar sus visiones metacognitivas. En el PEEL Project y en la investigación sobre formación inicial, este autor y sus colegas encontraron que es posible adoptar metas educativas y enfoques de enseñanza que ayuden a los alumnos a ser más conscientes de su propia metacognición.
  - Todos los estudiantes tienen alguna forma de conocimiento metacognitivo, de modo que hay que favorecerlo a través de actividades de aprendizaje adecuadas.
  - Hay tensiones entre conocimiento metacognitivo y aprobación. En el caso de los contextos donde el aprendizaje se evalúa de acuerdo con la capacidad del estudiante para repetir, los alumnos que tienen un conocimiento metacognitivo y consciencia de ello, se ven forzados a abandonar el control metacognitivo, si es que quieren alcanzar buenas calificaciones.
  - Una descripción útil de una persona que es apropiadamente metacognitiva, es la de alguien capaz de monitorear, relacionar o integrar, y entender su propio aprendizaje. Puede monitorearlo, porque tiene una consciencia informada, tanto de su progreso a lo largo de la tarea, como de su progreso hacia el alcance de las metas de aprendizaje y además, relaciona lo que está aprendiendo con sus ideas o creencias anteriores y con aplicaciones y ejemplos de la realidad.
  - Muchos alumnos muestran numerosas tendencias de aprendizaje poco adecuadas, como por ejemplo, atender de forma superficial o impulsiva; no identificar ideas relevantes; carencia de pensamiento reflexivo; miedo al error... Estas tendencias representan una metacognición inadecuada y son las mayores barreras para aprender.
  - A su vez, también hay muchos comportamientos que representan una metacognición adecuada. Por ejemplo, aclarar puntos específicos antes de comenzar una tarea; planear una estrategia; buscar relaciones con otras ideas; chequear el trabajo siguiendo unos criterios; rectificar errores u omisiones; justificar opiniones...

Como ya lo mencionábamos al comenzar, esta visión de la metacognición, ha tenido lugar en el contexto de la formación de profesores de ciencias y de la enseñanza de la física. Es una concepción que tiene importantes relaciones con el constructivismo, las

cuales se pueden explicar de la siguiente manera: El aspecto básico de las visiones constructivistas del aprendizaje, es que los estudiantes traen al aula ideas y creencias sobre lo que van a aprender. Dichas ideas y creencias, tienen una influencia fundamental sobre la naturaleza de las comprensiones que ellos generan a partir de sus experiencias de aula, pero lo que no se ha reconocido suficientemente, es que van mucho más allá. Incluyen las ideas y creencias acerca del aprendizaje, la enseñanza y los roles apropiados de profesor y alumno.

Como resultado de las relaciones entre constructivismo, metacognición e investigación, Gunstone y colaboradores (1993; Gunstone, 2000), derivaron un conjunto de principios que les han servido como guías para el programa de formación inicial de profesores de ciencias. A continuación los explicaremos brevemente y los contrastaremos con nuestra propuesta:

**a. El futuro profesor tiene necesidades que deben considerarse al planificar e implementar el programa de formación:**

Estas necesidades corresponden con la dificultad del futuro profesor, para reconocer los fundamentos teóricos de la didáctica de las ciencias, lo cual incluye la carencia de una posición crítica para valorar sus concepciones de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y reconocer en correlación con ellas una imagen personal de la ciencia. Además, es esencial que el estudiante pueda ampliar su visión acerca de la evaluación, por ejemplo redefiniendo el papel del error en la construcción del aprendizaje; sin olvidar prepararle para que seleccione y organice críticamente los contenidos a enseñar, utilizando adecuadamente los recursos de que dispone, en el diseño de estrategias cada vez más efectivas para conseguir el aprendizaje de los alumnos.

Es justamente en este punto sobre la evaluación, que hacemos énfasis en nuestra propuesta. Pensamos que la evaluación es un dispositivo clave para la regulación y autorregulación de los aprendizajes (Jorba & Sanmartí, 1994), que entra en juego durante el proceso de enseñanza – aprendizaje, a través de las actividades diseñadas con la intención de que el alumno aprenda para la autonomía, es decir para ejercer un control consciente sobre su propio aprendizaje. Además, como ya lo hemos mencionado, la evaluación aporta al profesor y al alumno, información valiosa sobre el estado del aprendizaje y la reflexión sobre estos resultados es fundamental para introducir oportunamente las modificaciones que permitan lograr mejores aprendizajes.

Atender a estas necesidades, implica un programa de formación en el que se dedique una parte considerable del tiempo, a la reflexión de los estudiantes, en forma oral y escrita, sobre experiencias prácticas y sobre su propio aprendizaje. En este sentido, hacen énfasis en que su posición filosófica como formadores de profesores es la de “*Aprender a Enseñar*” (más en el campo de la Didáctica), antes que la “*Educación del Profesor*” (de corte más bien Pedagógico).

**b. La transición de estudiante a profesor es fundamental y difícil y se ve facilitada cuando los futuros profesores trabajan estrechamente con sus colegas:**

El estudiante está sometido a cambiar su rol de alumno por el de profesor, a veces en cortos periodos de tiempo. Por ejemplo, cuando los estudiantes comentan entre sí su experiencia como alumnos y los métodos con los cuales les han enseñado, se sienten comprometidos e identificados con el tema, porque es la manera de compartir una vivencia personal cuyas reacciones pueden ser entendidas por otras personas que han

estado bajo circunstancias parecidas y a su vez, aportan elementos para interpretarlas a través de la teoría que se estudia durante el curso de didáctica.

Aquí, la interacción social entre profesor y estudiante y entre los mismos estudiantes, juega un papel esencial ya que si se logra orientar adecuadamente, crea un ambiente de confianza y colaboración, de *conversación evaluativa* (Duschl, 1995), que posibilita el aprender de los demás dando lugar a la reflexión, a la argumentación, a la negociación de criterios, valorando requerimientos y con ello (siguiendo a Gunstone et al, 1993), se llega a que el grupo genere principios tentativos de teoría y métodos de práctica que conllevan a la adopción de posturas críticas frente al conocimiento y a las situaciones del aula. Se establece así autonomía en el paso de ser solamente *aprendiz* para convertirse en alguien que entiende y controla su propio aprendizaje sobre qué y como enseñar ciencias. En esto consiste la transición de *aprendiz dependiente* a *aprendiz independiente o autónomo*.

En este principio es muy importante insistir en el valor de la interacción social que permite al futuro profesor aprender de los demás: la noción de aprendizaje como actividad individual, ha venido cambiando y ampliándose a la de actividad social, pero hay que tener en cuenta que el papel del profesor aún está lejos de la colaboración con otros profesores y los programas de formación inicial en general, no favorecen este proceso. La interacción del estudiante con sus compañeros es un ejercicio intelectual que lo lleva a valorar la reflexión sobre lo que piensa y concibe respecto de las situaciones en el aula, encontrando en ello el apoyo o la consideración de alternativas en torno a lograr un objetivo.

Una situación de aula en la cual ocurre interacción social, aporta al profesor información necesaria y útil, para conocer el estado y la manera en que sus alumnos están aprendiendo y al alumno, le permite saber qué y cómo aprende determinado contenido. Dentro de este trabajo colaborativo, los estudiantes también discuten y negocian los detalles de una actividad, las implicaciones teóricas de un documento, los requerimientos logísticos de una práctica, etc.

Para el equipo australiano este aspecto fue particularmente exitoso: las relaciones sociales y personales que a nivel de apoyo profesional se originaron durante el programa, son una de sus fortalezas y una fuente de ayuda mutua entre los estudiantes que continúan su formación. Los resultados de nuestros estudios de caso, también aportan evidencias respecto a estas ventajas.

### **c. El profesor en formación es un estudiante que continuamente está construyendo concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje:**

Sus puntos de partida son las experiencias personales, fuertemente influenciadas por sus concepciones, percepciones, atributos, habilidades, previamente construidas y traídas al curso, que pueden describirse de la siguiente manera:

- ***Visiones (concepciones) de los estudiantes sobre la enseñanza y el aprendizaje:***  
Dada su experiencia como aprendices, los estudiantes llegan al curso con visiones simplistas (pero bien desarrolladas) de la enseñanza y el aprendizaje, que a menudo son muy persistentes, de manera que para intentar modificarlas, hay que identificarlas, discutir las y evaluarlas. En la propuesta que se defiende en este estudio, a estas concepciones, nosotras también añadimos la de evaluación.

Los autores australianos proponen dos estrategias en esta situación: Una es invitar a los estudiantes a explicitar las percepciones que tienen de su propio aprendizaje o del aprendizaje de otros y las relaciones entre enseñanza y aprendizaje y es aquí donde surge la metacognición como proceso constructivista de reconocimiento, evaluación y si es necesario, reelaboración de sus propias concepciones, percepciones, actitudes y habilidades.

Esta oportunidad raramente se da en los programas de formación inicial y cuando aparece, está separada y/o descontextualizada, siendo usualmente descrita dentro de las “habilidades de estudio” (Gunstone, 1988), aunque afortunadamente, hoy en día ya conocemos trabajos en los que la reflexión metacognitiva sobre estas concepciones hace parte de las estrategias de formación de profesores en otros aspectos (p.ej. De la Fuente, 1999)

El otro tipo de estrategia se enfoca sobre las percepciones que traen los futuros profesores, en cuanto a la enseñanza y aprendizaje. Se trata de hacer ejercicios de exploración de ideas, experiencias en la escuela, planear una salida de campo, etc., porque se considera que la reflexión sobre la experiencia y la discusión con los compañeros, es la base para tomar en cuenta estas ideas y cambiarlas, estableciendo entre ellas nuevas formas de organización e interpretación.

- ***Su comprensión de los contenidos a enseñar:*** Autores como Lederman, Gess-Newsome & Latz (1994), han encontrado que frente a contenidos e imagen de ciencia, la preparación académica de los estudiantes no es lo suficientemente amplia, para permitirles enseñar los contenidos básicos de un programa general de ciencias. Por otra parte, su especialización en un área determinada no es muy efectiva si se considera que es relativamente común encontrar en ellos, concepciones ingenuas y erróneas sobre temáticas que se supone han estudiado a profundidad. Además es un aspecto que debe manejarse con cautela, para no disminuir la autoestima de estudiantes académicamente exitosos.
- ***La imagen que tiene de sí mismo:*** Este aspecto se refiere a la percepción que el estudiante tiene de sí mismo como profesor, en relación a si será capaz de enfrentarse a un grupo de alumnos, si le gustará o no ser profesor y en general, a saber si reúne o no las cualidades para ser un ‘buen’ profesor de ciencias. Implica un componente afectivo, que se relaciona también con el segundo de los principios que hemos mencionado, ya que la transición de alumno a profesor, involucra una comprensión de sí mismo, potenciada por tareas que coloquen al estudiante en el papel de profesor, de manera que reflexione sobre sus ideas y acciones.

**d. El programa de formación debería ser un modelo de los enfoques de enseñanza que se proponen:**

A esto es que nos referimos cuando decimos que hay que ‘predicar y aplicar’. Si tenemos en cuenta que de algún modo, todos los profesores – formadores ‘modelan la enseñanza’ para sus estudiantes, se tendría que aprovechar el diseño mismo del programa de formación inicial, para que los estudiantes aprendan a utilizar diferentes estrategias de enseñanza, aprendizaje y evaluación y experimenten sus ventajas y desventajas.

El grupo australiano propone por ejemplo, la elaboración de mapas conceptuales para incrementar la comprensión de los contenidos entre los estudiantes y a nivel más general, se plantean preguntas de reflexión sobre actividades específicas o sobre la práctica para que sean analizadas a nivel individual y discutidas dentro del grupo. Otra sugerencia de trabajo, consiste en presentar a los estudiantes diferentes modelos de enseñanza de las ciencias, utilizando estrategias que lleven implicaciones prácticas, es decir aunque haya una secuencia de aprendizaje específica para estudiar estos modelos, a lo largo de toda la preparación se hace una revisión continua de los mismos y se comparan en lo posible con el modelo del estudiante a través de la coevaluación, la evaluación mutua y de preguntas de reflexión sobre su práctica (por ejemplo, ¿Cuáles son los propósitos de su clase?, ¿Las actividades planteadas son consistentes con esos propósitos?, ¿Qué otras formas de enseñanza podría utilizar?, etc.).

Este tipo de actividades son las mismas que Hewson et al (1999) sugieren dentro de su propuesta y que nosotras hemos también aplicado en el curso de didáctica de las ciencias.

**e. Los futuros profesores deberían ver el programa de formación inicial, como una experiencia educativa de valor:**

De acuerdo con el principio anterior, si los estudiantes ven sus cursos de formación inicial como una experiencia sin valor educativo, vivenciarán un modelo de enseñanza irrelevante para su propio aprendizaje, lo cual iría en contra de los principios constructivistas. Además, las consecuencias potenciales de esta irrelevancia, especialmente en lo relativo a la influencia sobre sus concepciones, son obvias.

A esto nos referíamos cuando mencionábamos que si el estudiante tenía la tendencia a imitar el modelo de enseñanza que veía hacer a sus profesores formador y tutor, podíamos ver la situación como una ventaja y utilizar el curso de didáctica de las ciencias para comunicarle al estudiante el modelo de enseñanza que queríamos que aprendiera.

Por otra parte, el hecho de conocer los propósitos de su formación docente, de tener una idea lo más fiel posible de los objetivos que persigue el programa, es un elemento significativo, ya que le da al estudiante cierto control sobre los contenidos del programa y esto lo anima a reflexionar sobre ellos y sobre las relaciones de dichos propósitos con la didáctica adoptada para formarlo como futuro profesor de ciencias.

**f. La formación inicial es por definición inadecuada:**

La primera falla está en la corta duración de estos programas en sí, que no dan tiempo para que el estudiante se haga una buena representación de los objetivos que se pretenden en su formación inicial o para ayudarlo a elaborar estrategias de gestión del aula y de trabajo con actividades especiales.

Por otra parte, el estudiante está bajo la tutoría de un profesor con experiencia que a su modo le indica el estilo de enseñanza, los procedimientos y actividades que considera más adecuados para los alumnos y pocas veces puede permitirle desarrollar su propio estilo: existe un **distanciamiento entre los cursos de formación inicial y las prácticas docentes que los estudiantes realizan** en los institutos de secundaria, porque falta unificar criterios teóricos y prácticos, conjuntamente con los tutores para que todos atiendan a un mismo fin o privilegien unas tareas sobre otras. En este sentido, desde

nuestra propuesta, urge la necesidad de diseñar un *modelo de profesor - tutor*, acorde con los programas de formación inicial que favorezcan la regulación de los aprendizajes por parte del estudiante, ya que el papel del tutor es fundamental por ser quien debería aportar los elementos que permitan al futuro profesor, reflexionar sobre su práctica y observar en las clases de su tutor, la aplicación de la teoría didáctica. Recordemos que a esta misma conclusión llegó el grupo de Hewson et al., y la compartimos plenamente.

**g. La noción de *práctico reflexivo* es un modelo vital para los formadores de profesores:**

Aquí se toma la concepción de Schön sobre “práctico reflexivo” (Schön 1998), para referirse a que los encargados de los programas de formación de profesores, deberían partir de la reflexión sobre su propia práctica, al diseñar las estrategias de trabajo que van a utilizar con sus estudiantes y una vez que las aplican, para evaluar los resultados obtenidos.

Al respecto, ya comentábamos que en nuestro papel de investigadoras, acudíamos a una reflexión constante sobre la práctica, que nos permitió tomar decisiones informadas sobre nuestros propios puntos de vista y sobre la práctica de formación de profesores que estábamos llevando a cabo. No obstante, como ya lo comentábamos, esta reflexión se hacía desde el enfoque metacognitivo de la regulación de nuestros propios aprendizajes sobre la formación inicial y no tanto desde un enfoque de práctico – reflexivo.

A estos principios que los investigadores australianos sugieren tener en cuenta en los programas de formación del profesorado de ciencias, nosotras añadiríamos la importancia de la función reguladora de la evaluación. Independientemente de que su modelo teórico sobre el aprendizaje se aproxime al del cambio conceptual, consideramos que tanto en su propuesta, como en la nuestra, se requiere una concepción amplia de la evaluación, que informe las relaciones que se establecen en el contrato didáctico (Brousseau, 1984).

Esto significa, que la evaluación, además de cumplir con la función social de certificar el rendimiento del alumno, también debería diseñarse para que, como evaluación formadora (Nunziati, 1990; Jorba & Sanmartí, 1994), aporte información sobre el estado del proceso de enseñanza y aprendizaje y permita introducir cambios oportunos y adecuados. En este sentido, la evaluación no estaría al final de una etapa de enseñanza y aprendizaje, sino que sería parte de ella. Esta idea será discutida en el capítulo uno.

El constructivismo, la metacognición y la naturaleza del cambio individual, son las bases conceptuales que fundamentan el trabajo de los investigadores australianos. Los resultados obtenidos en el PEEL Project (Baird, 1986; Baird & Northfield, 1992) y en esta investigación con futuros profesores de ciencias (Gunstone et al, 1993), muestran que la aplicación de estos principios para lograr que el aprendiz asuma el proceso constructivista de *reconocimiento, evaluación y revisión* de sus concepciones personales, implica tener en cuenta que:

- Los cambios en la metacognición de los alumnos ocurren solamente después de que se han modificado actitudes, percepciones, concepciones y habilidades del profesor, o sea que *el desarrollo de la metacognición del profesor, precede al de los alumnos* y está relacionada con la construcción de significados y el cambio conceptual. En

otras palabras, cuando se logra que el futuro profesor reflexione sobre la teoría y la práctica, llega a plantearse con criterio frente a su actuación y a la manera como aborda el conocimiento a enseñar, teniendo en cuenta la perspectiva de su alumno que aprende y así, continuamente el futuro profesor regula por sí mismo aquellos aprendizajes propios, que no solamente van a permitirle el mejoramiento en el éxito de su grupo, sino que a su vez lo convierten en un aprendiz autónomo, que es un modelo a imitar por sus alumnos.

- La interacción social en grupos de trabajo colaborativo, parece un método efectivo para promover el desarrollo intelectual del profesor, ya que diferentes participantes aportan una variedad de perspectivas y habilidades al grupo donde interactúan, lo cual genera posibles principios teóricos y dan validez al trabajo. Los participantes deciden sobre las acciones, se informan y reflexionan acerca de los resultados en la práctica; los cambios se ven favorecidos por la distribución de esfuerzos y algo muy importante es que se acentúa el énfasis sobre la reflexión profesional y personal.

Parece oportuno hacer una distinción entre los dos tipos de reflexión a los que se hacen referencia en su estudio sobre formación inicial: la reflexión fenomenológica (de carácter personal, sobre experiencias vividas como profesor, alumno o investigador) y la reflexión sobre la práctica (Elliott, 1997). El programa de formación inicial del profesorado de ciencias, llevado a cabo por el equipo australiano, inicialmente se centraba en la reflexión fenomenológica y luego, junto con los profesores en formación continuada, intentaron comprometerlos en la reflexión sobre la práctica.

El trabajo propuesto buscaba promover ambos tipos de reflexión, en torno al desarrollo intelectual del profesor, a través de la colaboración. En este sentido, la reflexión fenomenológica da información desde la experiencia personal de enseñanza y aprendizaje, que difícilmente se obtendría por otros métodos y ayuda a comprender la singularidad y complejidad de factores que influyen sobre el aprovechamiento, progreso y resultados del proceso. De igual forma, los resultados de la reflexión fenomenológica sirvieron para interpretar datos de la investigación - acción.

En este sentido y a nivel de la formación permanente del profesorado de ciencias, los investigadores australianos parecen compartir los mismos puntos de vista que los autores norteamericanos que hemos reseñado.

El tipo de reflexión que planteamos desde nuestra propuesta, tiene un carácter metacognitivo, que no tiene que ver con la investigación – acción. Se trata de que el profesor oriente su acción teniendo en cuenta qué tipo de representación tiene de la actividad de enseñanza que va a realizar, cómo la va a planificar y qué resultados puede anticipar. Una vez que la lleva a cabo, interesa que contraste los resultados obtenidos con el objetivo propuesto, que busque las causas por las cuales no obtuvo lo esperado y que introduzca modificaciones para mejorar dichos resultados en una próxima oportunidad. Todo este proceso tiene su contexto en la fundamentación teórica que hace parte del modelo de enseñanza de las ciencias que se busca que aprenda, de manera que hay una reflexión sobre qué y cómo aprende a enseñar ciencias.

Por otra parte, la reflexión constante es de gran importancia para facilitar el desarrollo intelectual y la competencia de los profesores. Los investigadores australianos dicen que esto seguramente no se hubiese logrado sin la responsabilidad de cada participante y el

trabajo en grupo colaborativo, con lo cual estamos muy de acuerdo y es el sentido que le damos a la interacción social, durante la formación inicial.

En síntesis, los resultados de la investigación referida, afirman la necesidad de reflexionar a nivel personal y profesional, facilitándola a través de la colaboración, ya que las dos son importantes y se apoyan mutuamente.

No podemos dejar de enfatizar, que desde el punto de vista de Gunstone et al (1993); White (1999) y Gunstone (2000), el aprendizaje también se ve como un cambio conceptual, que involucra en gran parte, la responsabilidad del aprendiz, y también, que cuando un estudiante llega a re-construir su propio conocimiento, se comporta metacognitivamente porque reconoce qué y cómo aprende y puede regular sus procesos cognitivos.

### **Metacognición y Cambio Conceptual**

Para estos investigadores australianos, el cambio conceptual es un término que se usa comúnmente para describir contextos en los que el alumno mantiene ideas y creencias que entran en conflicto con aquellas a aprender y en consecuencia, se involucra en un proceso para cambiarlas, siempre que se vea comprometido en ello.

Ellos explican que puede que haya cambio conceptual por *reemplazo* de una idea por otra o por *adición*. En este último caso, la concepción es valiosa en cuanto entre a hacer parte de las estructuras adecuadas y se use en los contextos apropiados. El cambio conceptual implica que el alumno:

- Reconozca sus ideas o creencias ya existentes,
- Las evalúe y,
- Decida si reconstruye (por reemplazo o por adición) o no, sus ideas y creencias (Baird & Northfield, 1992).

Esta visión del cambio conceptual, tiene mucho que ver con la propuesta inicial de Posner et al (1982), ya que plantea estrechas relaciones con la *insatisfacción* del alumno frente a las propias ideas y creencias y la *productividad* de las nuevas que se le presentan. No obstante, estos autores están de acuerdo en que la insatisfacción y la productividad, son difíciles de promover en el aula de ciencias, además de que dependen mucho del alumno. Es justamente aquí donde la metacognición entra a jugar su papel y por eso, compartimos en este sentido, la perspectiva del grupo australiano. De hecho, el profesor tiene la responsabilidad de crear los contextos adecuados para que ocurra el cambio, pero finalmente, quien lo realiza o no, es el alumno y por esa razón, debe tener autonomía para saber qué y cómo aprende.

En esta investigación pensamos que siempre que hay un aprendizaje, hay un cambio. Intentamos que ese cambio sea producto de la autonomía y del conocimiento que el estudiante haya adquirido respecto a su propio aprendizaje. De ahí la importancia de potenciar la metacognición durante la formación inicial del profesor de ciencias, porque saber qué, cómo y para qué aprende a enseñar con un modelo distinto al que conoce, determina las modificaciones (muchas veces radicales) en sus puntos de vista sobre las relaciones entre la ciencia, la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. Estas modificaciones se ven favorecidas por las estrategias de la evaluación formadora, entre

las que incluimos la autoevaluación. Por esa razón, nos llamó la atención el trabajo de Woolnough et al (2000) que referenciamos a continuación.

## 2.4. Un Profesor de Ciencias que se Autoevalúa

En el Reino Unido se ha venido cuestionando en los últimos años, la formación que reciben los profesores de ciencias y de otras áreas. Los programas de formación se critican porque son demasiado académicos, alejados de la realidad del aula y muy técnicos. Al parecer, se trata de programas en los que se les dice a los profesores – formadores qué deben hacer y cómo deben enseñar.

Quienes trabajan la formación del profesorado en ese país (Woolnough, 2000), comentan que la visión que hay detrás de este modelo, es la de que sólo hay una forma de enseñar ciencias que es la mejor, independientemente de las condiciones del profesor, de los alumnos y de la escuela. Este modelo, que a nuestro modo de ver coincide con la descripción de los modelos de ‘racionalidad técnica’ (Mellado, 2001), para muchos investigadores resulta particularmente inapropiado (Porlán et al, 1996; Furió & Gil, 1998), en una época en la que se forman profesores para enseñar en un mundo y en una escuela que cambian con rapidez (Woolnough, 2000; Mellado, 2001).

En consecuencia, un grupo de profesores del Departamento de Estudios Educativos de la Universidad de Oxford (Woolnough, 2000), propuso un programa de formación de profesores de física, como profesionales autónomos, preparados para que la educación cumpla con las demandas de esa realidad que cambia rápidamente. Con esta intención, estos autores han llevado a cabo cambios significativos en los programas de formación inicial y continuada de los profesores de ciencias, especialmente en lo relacionado con su formación como *profesores que se autoevalúan*, una idea clave en su propuesta y que describimos a continuación, porque viene a apoyar nuestra visión de lo que entendemos por aprender a enseñar ciencias.

Un elemento esencial de este concepto, es que la experiencia de aula, es el contexto de aprendizaje por excelencia. Sin embargo, al mismo tiempo, el aula es un *contexto de investigación* en el que alumnos ‘reales’, aprenden una ciencia ‘real’, con profesores ‘reales’, en una escuela ‘real’. En este punto, aparece la diferencia entre esta propuesta y la que hacemos en nuestra investigación. En la propuesta de Woolnough (2000) se concibe al profesor como un investigador de su práctica.

Estamos de acuerdo con este autor, en que los profesionales que se autoevalúan, continuamente consideran su propia práctica, la evalúan críticamente y en consecuencia, la modifican. Este autor comenta que los ‘buenos profesores’ siempre hacen esto de manera tácita, porque ven la enseñanza como una continua resolución de problemas que les resulta satisfactoria. Esta es una de las razones por las cuales, él y su equipo suponen que la autoevaluación debería ser una parte importante de la formación inicial y continuada de los profesores.

Desde su punto de vista, los profesores deberían reflexionar sobre su modo de enseñar, intentar estrategias particulares, hacer una evaluación con sus profesores – tutores, con sus compañeros y a partir de ello, modificar y mejorar su práctica. A medida que esto se convierte en un hábito sistemático, se construirá un cuerpo creciente de evidencia que

produce patrones de ‘prácticas adecuadas’ que resultan más o menos consistentes con los modelos de enseñanza que la comunidad de didactas acoge como los más propicios para el aprendizaje de los alumnos, así como también, modos de entender y teorías, respecto a cómo los profesores enseñan y cómo los alumnos aprenden mejor.

Creemos que a pesar de que los autores parecen en principio, alejarse de los enfoques de racionalidad técnica, tan criticados (incluso por ellos mismos) para la formación del profesorado, lo cierto es que dan a entender que les interesa que sus estudiantes aprendan *ciertas estrategias de enseñanza*, las implementen en sus aulas de ciencias y las evalúen. En dicho proceso, el profesor es capaz de reconocer qué hay en su práctica habitual, que le impide llevar a cabo con suficiente efectividad, la estrategia propuesta. Nosotras pensamos que éste es un proceso importante, pero desde nuestro punto de vista, la autoevaluación va mucho más allá: Implica asumir posturas metacognitivas que hagan posible al profesor en formación, tomar consciencia de los puntos de partida de su modelo de enseñanza, en conjunto (aspectos epistemológicos, psicológicos y socio – pedagógicos y los principios que lo orientan), no solamente autoevaluar su práctica.

Woolnough y sus colaboradores, están incorporando este enfoque en sus programas de formación, bajo el supuesto de que los adultos motivados aprenden mejor cuando están activos y tienen dominio sobre su propio aprendizaje, exactamente del mismo modo que lo hacen los niños.

### **El Contexto de Formación**

El modelo de formación del profesorado de física en el Reino Unido, sigue una estructura similar a la española: El estudiante hace su carrera de física y como posgrado, lleva a cabo unos cursos de formación docente durante un año. La diferencia está en que estos cursos se organizan conjuntamente entre la Universidad y un instituto de secundaria local, donde el futuro profesor pasa las dos terceras partes de su tiempo. Las clases de la universidad, se centran en los aspectos prácticos de la enseñanza, la pedagogía, el conocimiento que los alumnos necesitan, las formas en que aprenden y están motivados, la planificación y gestión de las clases y la evaluación de los aprendizajes de los alumnos. Los profesores – formadores, generalmente son ex – profesores de instituto, de manera que esto les ayuda a demostrar su idoneidad para guiar a los futuros profesores. Luego de un año, el profesor comienza a enseñar en el instituto que haya escogido y puede seguir recibiendo formación, aunque ya es continuada.

Comentaremos brevemente cómo es el programa de formación inicial de profesores de física, que se lleva a cabo en la Universidad de Oxford.

### **La Formación Inicial**

A pesar de que la reforma traía consigo la imposición de un Currículo Nacional para la Formación Inicial del profesorado, este grupo de Oxford insistía en que su trabajo era ayudar a los futuros profesores a encontrar su propio estilo de enseñanza, pero también el más adecuado y no, imponer un solo modelo para todos ellos.

A lo largo del curso, se establecían unos estándares y unas tareas y se esperaba explícitamente, que los estudiantes evaluaran su propia práctica. Se pedía a los estudiantes que escogieran un aspecto específico a trabajar durante sus clases (organizar aparatos, desarrollar habilidades de indagación, evaluar qué tanto habían aprendido los alumnos) y que reflexionaran sobre esto de una manera explícita. Todo esto resultaba muy útil para comprometerlos en un aspecto particular de la enseñanza, más que en intentar evaluarlo todo, que incluso para un profesor con experiencia, es algo bastante complicado.

El papel del profesor – formador y del tutor, era ayudarle al estudiante a evaluar su progreso. Hacia el final del año, el estudiante realizaba una pequeña investigación sobre la efectividad del programa de trabajo establecido por el mismo estudiante, que de hecho, era el aspecto de su práctica que más le interesaba. Los aspectos típicos, escogidos por los futuros profesores para hacer esta investigación, eran los siguientes:

- Deberes o trabajos escritos de los alumnos, en los que el futuro profesor coloca diferentes tipos de tareas y evalúa la efectividad de cada una.
- Diferentes estilos de enseñanza (o distintas estrategias), en los que el futuro profesor evalúa su efectividad para diferentes alumnos.
- Evaluación formativa, en la cual el futuro profesor va modificando su programa de enseñanza, de acuerdo con los progresos individuales de los alumnos.

En cada caso, la evaluación se basa en el análisis de los datos, cuestionarios o entrevistas de los alumnos. También, los estudiantes leen bibliografía relevante sobre el tema, para hacerse con una visión general del tópico y con una apreciación en profundidad de su propia práctica.

El grupo de Oxford ha encontrado que un tipo de investigación que siempre resulta efectivo, es el de pedir a los futuros profesores que reflexionen sobre la efectividad de diferentes tipos de estrategias de enseñanza que ellos han experimentado como alumnos, respecto a qué tanto las han disfrutado y qué tanto (piensan que) han aprendido. Es sorprendente cuantos de ellos son capaces de diferenciar entre aprendizaje y simpatía. Así entonces, pueden decir que hay algunos tipos de enseñanza que les gustan más, pero que hay otros con los que aprenden más.

Aunque los ejercicios no son demasiado amplios, la cantidad de información que manejan es pequeña y la metodología de investigación no es complicada, el solo hecho de involucrar a los estudiantes en una autoevaluación sistemática, da lugar a que consideren otros puntos de vista y a que surjan otras preguntas. Así, desde el punto de vista de estos autores, se desarrolla un enfoque mucho más profesional en el cual los futuros profesores se comprometen con responsabilidad frente a su propia enseñanza, como adultos que están motivados.

Los autores de esta propuesta de formación son conscientes de que una organización como esta demanda a su vez un apoyo financiero adicional, ya que implica entre muchas otras cosas, hacer cambios administrativos y trabajar horas adicionales o contratar más profesores tutores. En el Reino Unido, tienen la fortuna de que el gobierno se ha dado cuenta de la importancia de un proyecto como este, de manera que está apoyando un programa de becas para la investigación *sobre prácticas de enseñanza mejores*. Insistimos en que lo importante desde esta propuesta de formación, es que los futuros profesores aprendan a enseñar utilizando ciertas estrategias y se evalúen a sí

mismos a través de los resultados de práctica, lo cual repetimos, desde nuestro punto de vista es importante pero queda limitado.

Este grupo de profesores de la Universidad de Oxford considera que el enfoque de la autoevaluación del profesor da lugar a la formación de profesores más completos desde el punto de vista profesional, así como también, a unas prácticas de enseñanza más efectivas y a visiones sobre la investigación en el aula, más válidas. En este punto, Woolnough y sus colaboradores pueden tener razón, pero seguimos considerando que la investigación en el aula, como tal, es un hecho que resulta más bien esporádico, a no ser que se den unas condiciones como las que este grupo del Reino Unido ha logrado alcanzar.

Hay que destacar que en esta propuesta de formación, la *investigación* que realiza el estudiante y su *autoevaluación*, tienen una connotación que puede hacerse corresponder con los conceptos de *investigación – acción y práctico - reflexivo*, en el sentido de que es el futuro profesor quien decide qué va a investigar de su práctica y evaluándola, aprende a enseñar. A nuestro modo de ver, la limitación de una propuesta como esta, se encuentra en la necesidad de que el futuro profesor se centre en un solo aspecto de su práctica, para llevar a cabo la investigación. Si bien puede ser una ventaja, también es una desventaja porque el profesor debe aprender a atender a muchos otros aspectos que se conjugan mientras enseña ciencias.

Además, los problemas sobre los cuales investiga el futuro profesor, puede que no sean lo más importantes a resolver para enfrentar con éxito su práctica. Estamos hablando de que no parece probable que los estudiantes se fijen en sus concepciones de ciencia, de enseñanza, de aprendizaje o de evaluación, o en los modelos de enseñanza que hay detrás de la práctica, porque ver como problemáticas estas concepciones requiere reflexiones y discusiones largas y profundas que difícilmente pueden tener lugar en un contexto de formación en el que interesa que los futuros profesores aprendan a solucionar problemas prácticos de la enseñanza. Esto no significa que el profesor en formación no los aborde. Suponemos que la propuesta tiene en cuenta este aspecto, sólo que posiblemente lo aborda en el programa de formación continuada.

Por otra parte, nos queda la duda de cómo han logrado estos autores, formar a los profesores – tutores para que promuevan la reflexión de los estudiantes y les ayuden a orientar su investigación. Aunque se trate de profesores con mucha experiencia, esto no asegura que compartan con el grupo universitario, los objetivos de formación para los futuros profesores.

La propuesta del grupo de Oxford es interesante y puede tener un impacto sobre la formación del profesorado, en un sentido similar a otras propuestas en las que se concibe al profesor como investigador. No obstante, nos distanciamos de estos autores porque desde nuestro punto de vista la investigación en el aula se fundamenta en un conocimiento teórico sobre la enseñanza, que no suele hacer parte del conocimiento que tienen los profesores que están en fase de apropiarse de los nuevos significados.

Las propuestas que acabamos de reseñar, sirven de base para la definición del problema que es objeto de este estudio y que presentaremos a continuación.

## EL PROBLEMA A INVESTIGAR Y LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO

La presentación del problema que intentamos desarrollar en este estudio, comienza con una breve mirada a la historia de las ideas y de las experiencias didácticas, que inspiraron esta investigación. Las experiencias a las que aludimos, corresponden al proyecto que Jaume Jorba y Neus Sanmartí llevaron a cabo entre 1989 y 1994, con alumnos y profesores tanto de primaria como de secundaria, de las áreas de ciencias naturales y de matemáticas, que pertenecían a diferentes escuelas e institutos de Barcelona y de su área metropolitana.

El proyecto surgió dentro del Plan de Formación Permanente del Profesorado de las Escuelas Municipales del Ayuntamiento de Barcelona, cuyo principal objetivo era facilitar la adaptación de los profesores a las nuevas necesidades del sistema educativo. Después del primer año de la implementación de la reforma, se puso en evidencia que las principales preocupaciones del profesorado se centraban en la evaluación y en la atención a la diversidad. Pero la evaluación siempre se había visto como un proceso independiente del de la enseñanza y el aprendizaje y con menos relación aún con la diversidad.

Surgía la necesidad de buscar referentes teóricos que sirvieran de base para el diseño de estrategias didácticas que respondieran a estas preocupaciones. Así, entonces, la revisión bibliográfica llevó a estos autores a los planteamientos que se estaban haciendo en Francia sobre la evaluación formadora (Nunziati, 1990), que tiene su fundamentación psicológica en la Teoría de la Actividad (Talizina, 1998). Estos planteamientos permitían entender el papel de la evaluación en la construcción del conocimiento y resultaban muy oportunos para atender a las necesidades del profesorado y del alumnado, frente a la reforma.

El proyecto se difundió a través de los cursos de formación permanente ofrecidos por el *Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals* y del ICE de la *Universitat Autònoma de Barcelona*. Poco tiempo después, este Departamento se responsabilizó, por encargo del ICE de la formación inicial del profesorado de ciencias para la secundaria. De este modo, el problema de la formación del profesorado, se convirtió también, en el problema de elaborar una propuesta para la formación inicial, a través de la cual se formarían profesores preparados para atender a las necesidades que surgían de la implementación de la reforma educativa.

Paralelamente, tomaba fuerza el desarrollo de proyectos educativos como *Ciències 12 – 16*, y se trabajaba sobre la producción de materiales. En el contexto de todos estos eventos, se pensaba sobre un marco teórico y metodológico que sirviera para la formación inicial, que pusiera a los futuros profesores en contacto con proyectos como estos y que incorporara los avances que aportaba la investigación, en el campo de la Didáctica de las Ciencias, especialmente los que tenían que ver con la formación de un profesional autónomo y crítico, capaz de tomar decisiones fundamentadas en un modelo teórico actual.

Así fue como algunas de las profesoras del *Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals* de la *Universitat Autònoma de Barcelona*, en particular M. Pilar García – quien dirige esta investigación- y Neus Sanmartí, se comprometieron en la difícil tarea de crear estrategias didácticas, inspiradas en la fundamentación teórica de la evaluación formadora, para ayudar a los futuros profesores de ciencias a regular sus aprendizaje desde un modelo de enseñanza constructivista.

Hacia 1995, se inició un proyecto de investigación que abrió el camino del estudio que presentamos hoy. Un grupo de estudiantes que tomó parte del curso de ‘Didáctica de las Ciencias Naturales’ 95 – 96, aportó información que nos confirmó las ventajas de la propuesta, nos mostró las dificultades que enfrentan los estudiantes para aprender a enseñar ciencias desde puntos de vista distintos a los que conocen y generó reflexiones, en torno a la fundamentación teórica que necesitábamos, para seguir hablando y actuando sobre la formación inicial.

Se había recorrido buena parte del proceso, cuando la búsqueda de las últimas tendencias en torno a *propuestas de formación inicial del profesorado de ciencias para la secundaria*, nos puso en contacto con los resultados de proyectos de investigación y experiencias importantes, que gozaban de una fundamentación teórica más consolidada que la nuestra. En este sentido, nos dimos cuenta que los conocimientos relacionados con la formación del profesorado estaban adquiriendo un alto nivel de complejidad y alrededor de ellos, se está tejiendo todo un lenguaje para expresar lo que significar formar profesores.

La revisión de las ideas del Grupo IRES de la Universidad de Sevilla, de los trabajos que se han realizado en la Universidad de Valencia, de los resultados del proyecto llevado a cabo por Peter Hewson, Robert Tabachnick y Kenneth Zeichner en La Universidad de Wisconsin, así como los del grupo de Richard Gunstone en las Universidades de Melbourne y Monash y de Brian Woolnough en la Universidad de Oxford, nos permitieron darnos cuenta de que queríamos resolver un problema común: formar profesores de ciencias que enseñen apoyándose en una visión de que el conocimiento se construye.

Pero la descripción de los significados que se han venido elaborando al interior de estas propuestas, nos mostró que las ideas que estábamos proponiendo y que marcaban el rumbo de las decisiones que tomábamos en torno a la formación de nuestros estudiantes, se diferenciaban de las que los autores consultados presentaban, lo cual nos forzaba a adquirir una identidad teórica propia. Las diferencias que hay entre estas propuestas entre sí y con la nuestra, no se encuentran en los objetivos en sí mismos, ya que todos buscamos producir cambios en los futuros profesores, sino más bien, en la forma de alcanzar dichos objetivos.

La mayoría de las propuestas que hemos reseñado en los antecedentes de este estudio y que a nuestro modo de ver, pueden considerarse entre las más productivas en este momento, para la formación inicial del profesorado de ciencias, tienen en común, asumir como eje fundamental que el profesor sea *un investigador*. Sabemos que los puntos de vista que en ellas se defienden, han tenido un impacto importante en Iberoamérica y en otros países y que en este momento, se están desarrollando

investigaciones que se fundamentan en esta producción teórica. Sin embargo, nuestra propuesta de formación se apartaba de concebir al profesor como investigador.

En primer lugar, porque consideramos que el modelo actual de formación inicial presenta problemas de tiempo y de estructura administrativa, que son difíciles de resolver, para implementar una propuesta de formación de este tipo. En este sentido, los autores que la apoyan son críticos y hacen esfuerzos por consolidar la propuesta a través de la formación continuada.

En segundo lugar, consideramos la dificultad de que el futuro profesor de ciencias se sienta implicado en hacer una investigación sobre un problema que para él/ella no existe. Estamos hablando de que no parece probable que los estudiantes elaboren para sí mismos problemas prácticos de la enseñanza, en el breve lapso de la formación inicial.

Desde nuestro punto de vista, la formación inicial sería la etapa en la cual el futuro profesor se familiariza con los conocimientos que ha aportado la investigación en Didáctica de las Ciencias, de modo que cuando llegue a ejercer la docencia, estos conocimientos puedan orientar su reflexión y le permitan comprometerse en proyectos de investigación e innovación didácticas. Visto así, la figura del *profesor – investigador* se situaba más bien como objetivo de una propuesta de formación continuada.

En general, las publicaciones consultadas al respecto, nos mostraban que la investigación en el aula, era el resultado del esfuerzo de un pequeño grupo de colegas de una o varias instituciones, que al margen de su propia carga de trabajo y preocupados por los resultados del aprendizaje de sus alumnos, se comprometían en llevar a cabo un proyecto de investigación.

A nuestro entender, la figura del *profesor como investigador* en la formación inicial se veía como una meta difícil, no solamente por el esfuerzo de ponerla en marcha dentro de un sistema de formación que no está diseñado para tal fin, sino porque supone un trabajo adicional muy exigente y de naturaleza distinta a aquel que desde nuestra perspectiva, ha de desarrollar el profesor en el aula. Con esto queremos decir, que cuando un profesor está en su aula, tiene que escoger entre recoger información para una investigación, o recogerla para tomar decisiones sobre la enseñanza que ofrece a sus alumnos y sobre el aprendizaje que ellos realizan. Nuestra propuesta de formación inicial del profesorado de ciencias, se decanta por la segunda opción.

Creemos que es esencial que el futuro profesor aprenda a reflexionar sobre sus conocimientos respecto a la enseñanza de las ciencias y sobre su práctica, desde un conocimiento teórico que le da sentido a sus ideas, pero en nuestra propuesta, esto no implica que comunique sus reflexiones a sus colegas o que las contraste dentro de un grupo de investigación. La razón es que estas reflexiones, no son el resultado de un estudio en el que él/ella se haya comprometido. Para nosotras, este tipo de reflexión corresponde con una actividad que es diferente a la de investigar y que es necesaria para que tome las decisiones más adecuadas respecto al aprendizaje de sus alumnos.

En cuanto al aprendizaje de los futuros profesores, compartimos con la propuesta del grupo de Sevilla - coincidiendo con los resultados de los equipos de Wisconsin y de Melbourne -, que las visiones epistemológicas que estos estudiantes tienen y suelen mantener, respecto a la ciencia, su enseñanza y aprendizaje, se convierten en obstáculos

sumamente difíciles de superar. También estamos de acuerdo con la idea de que la construcción del conocimiento sobre la enseñanza es evolutiva. Pero en este sentido, no compartimos la idea de que el aprendizaje del futuro profesor sea una *progresión* que va desde un modelo tradicional a uno constructivista. Consideramos que se trata más bien del reconocimiento de las características del propio modelo y de las que configuran el nuevo modelo didáctico, de modo que el estudiante pueda diferenciarlos, como consecuencia de un proceso al que nos referimos como de *modelización*. Partimos del supuesto de que para conseguir dicha construcción, se requiere de una *reflexión de carácter metacognitivo*.

Desde el enfoque constructivista que describe a las propuestas reseñadas en los antecedentes, nos sentimos identificadas con la idea de que así como los alumnos construyen explicaciones sobre el mundo, los profesores también lo hacen sobre la enseñanza de las ciencias. En este sentido, compartimos la meta de que el futuro profesor *cambie* su modo de entender la enseñanza (que por lo general corresponde con puntos de vista tradicionales, asumidos de modo no-consciente y poco susceptibles a la crítica), por otro más acorde con los modelos actuales, aceptados por la comunidad científica.

Algunas de las propuestas de formación que revisamos, consideran que para alcanzar esta meta, debe haber un *cambio conceptual* en los aprendizajes del futuro profesor. Para Hewson et al (1999), el cambio conceptual implica que la nueva concepción tenga un estatus mayor que el de la concepción que el aprendiz maneja y que durante la enseñanza se tome en cuenta su ecología conceptual, porque es la que configura el contexto de los significados que van a entrar en relación con la nueva concepción. Para R. Gunstone y los demás investigadores de las Universidades de Melbourne y de Monash (Gunstone & Northfield, 1992; Gunstone et al, 1993; Gunstone & Mitchell, 1998), el *cambio conceptual* tiene lugar cuando el estudiante reconoce sus ideas y las nuevas que se le presentan, las evalúa y toma decisiones sobre la reconstrucción de sus ideas y creencias. Esto denota un comportamiento *metacognitivo*. Nuestra idea sobre el aprendizaje de los futuros profesores es más próxima a la concepción de los autores australianos, que a la de los norteamericanos.

Los aportes de investigadores en ‘Didáctica de las Ciencias’, como Sanmartí y Gunstone, que comparten concepciones próximas sobre el aprendizaje, nos ayudaron a elaborar la idea de que aprender a enseñar ciencias, desde un modelo constructivista de la enseñanza, se puede entender como un cambio de puntos de vista en el cual, el futuro profesor de ciencias pasa por un proceso de *reflexión metacognitiva*. El papel de las actividades de evaluación formativa, especialmente de la autoevaluación, es el de potenciar las capacidades metacognitivas de los estudiantes, con el objeto de que reflexionen sobre las diferentes maneras de enseñar ciencias.

Una característica que hace parte consustancial de las ideas y los esfuerzos del grupo de profesoras de la UAB, que han estado trabajando en torno a esta propuesta de formación inicial, es el papel que juega la *interacción social*. Para ellas, cuando el futuro profesor trabaja en grupo con sus compañeros o con su profesor - formador, aprende que hay otras explicaciones distintas a las suyas y en el transcurso de dicha interacción o como consecuencia de ella, se va modificando y enriqueciendo la representación que se hacen del nuevo modelo. Esta es una de las razones por las cuales, sus puntos de vista corresponden con los de una orientación socio – constructivista.

Quienes nos identificamos con esta perspectiva del aprendizaje, pensamos que el futuro profesor puede aprender a enseñar ciencias, a través de este proceso de reflexión metacognitiva que hemos mencionado, en el que somete a evaluación sus propios puntos de vista y sus prácticas de enseñanza y los contrasta con los enfoques teóricos que están detrás de cada modelo de enseñanza. Por esa razón, en la propuesta de formación inicial que se defiende en este estudio, se explica que a lo largo del curso de didáctica, les presentamos a los estudiantes actividades de evaluación que les ayudaran a regular y autorregular sus aprendizajes.

Compartimos con los autores que hemos mencionado en los antecedentes, que el constructivismo es el enfoque sobre el cual debe fundamentarse el programa de formación, si es que la meta es que los futuros profesores lo usen también en sus prácticas de enseñanza. Una de las razones, es que los futuros profesores necesitan *experimentar* el nuevo modelo de enseñanza para que vean sus cursos de formación como una experiencia educativa valiosa (Baird & Northfield, 1992; Griffiths, 2000). Además, porque estos estudiantes tienden a imitar el modelo que ven en sus profesores formadores y tutores y pretendemos que dicha imitación, no signifique copiar acríticamente el modelo que ven, sino que se fundamenten en el conocimiento que al respecto, se está construyendo en la Didáctica de las Ciencias.

Por otra parte, en nuestra propuesta es importante que el estudiante conozca los propósitos de su formación docente, que tenga una idea lo más fiel posible de los objetivos que persigue el programa. Asumimos como supuesto que si el estudiante comparte los objetivos de su formación, adquiere cierto control sobre los contenidos a aprender y esto lo anima a reflexionar sobre ellos y sobre las relaciones de dichos propósitos con la didáctica adoptada para formarlo como futuro profesor de ciencias.

En esta investigación pensamos que siempre que hay un aprendizaje, hay un cambio. Intentamos que ese cambio sea producto de la autonomía y del conocimiento que el estudiante haya adquirido respecto a su propio aprendizaje. De ahí la importancia de potenciar la metacognición durante la formación inicial. Partimos del supuesto de que si el profesor de ciencias sabe qué, cómo y para qué aprende a enseñar con un modelo distinto al que conoce, se ponen en marcha las modificaciones (muchas veces radicales) en sus puntos de vista sobre las relaciones entre la ciencia, la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación.

Al igual que con el modelo de cambio conceptual, tenemos puntos de vista diferentes sobre la reflexión y el modo de propiciarla. No se pretende que las prácticas que los estudiantes realizan en los institutos, sean para ellos objeto de investigación, ni que entren en un proceso tal. Nos parece más importante que estos estudiantes aprendan a orientar su actividad, a planificarla, a anticipar sus resultados, a monitorearla y a introducir los cambios que consideren necesarios, apoyados siempre en un modelo teórico de corte constructivista, que le de sentido a su práctica. Para ello, nos es más útil el enfoque metacognitivo. El modelo teórico que está detrás de este tipo de reflexión, corresponde con el de la Teoría de la Actividad.

Las reflexiones que hemos venido presentando, se pueden resumir en la idea de que cada vez que el profesor de ciencias toma alguna decisión relacionada con la enseñanza, lo hace desde un modelo de enseñanza determinado. Por lo general, este modelo

corresponde con el que conoce por su experiencia como alumno o con aquel que a su modo de ver, es el ideal para que los alumnos aprendan. El modelo didáctico del profesor se va reconstruyendo a medida que aprende sobre la enseñanza, pero casi siempre de un modo no-consciente, ni informado desde un conocimiento de la Didáctica de las Ciencias.

Pensamos que a pesar de que se lleva mucho tiempo hablando de modelos de enseñanza constructivistas, todavía nos encontramos con que una buena parte de los profesores de ciencias, toman sus decisiones sobre la enseñanza, apoyándose en modelos tradicionales e intuitivos, que no contribuyen a la formación de los ciudadanos para una sociedad actual.

En esta investigación nos interesamos por la *formación inicial* porque a nuestro modo de ver, es la etapa en la cual se pueden sentar las bases del conocimiento que el futuro profesor necesita para aprender a enseñar ciencias de un modo consciente e informado, desde puntos de vista diferentes a los que conoce por su experiencia como alumno. A pesar de las dificultades y carencias del modelo aún vigente del Curso de Aptitud Pedagógica (tales como la brevedad de su duración, el distanciamiento con los profesores - tutores o la contradicción entre formar en Didáctica a un licenciado en un área específica de la ciencia, para que enseñe Ciencias Naturales en general – ver Martín del Pozo & Rivero, 2001), consideramos que mientras siga existiendo, es nuestra única vía para formar a los futuros profesores y por eso, hay que sacarle el mejor provecho.

Pero hay que tener en cuenta que no se pueden alcanzar todos los objetivos que se quisieran lograr. De ahí la importancia de que, a nuestro modo de ver, el futuro profesor entienda esta dificultad y se comprometa a continuar su formación.

Una de las primeras cosas que creemos que debe tener claras un futuro profesor de ciencias, es que hay un campo de investigación y un conocimiento que se construye alrededor de la enseñanza de las ciencias y que desde este conocimiento, el profesor se responde a preguntas sobre qué y cómo enseñar la ciencia, asume posturas respecto a cómo aprenden los alumnos y emite juicios sobre qué es lo que va a evaluar.

Así entonces, consideramos que es importante que el futuro profesor de ciencias aprenda que estas respuestas, estas posturas y estos juicios, pueden tener diferentes interpretaciones, es decir se apoyan en uno u otro modelo didáctico. En este mismo sentido, nos parece necesario que identifique el suyo, lo contraste con otros modelos y aprenda a enseñar desde un modelo constructivista, un modelo que en la comunidad de investigadores en esta área, se reconoce entre las formas más aceptables de enseñar ciencias en secundaria.

Los profesores necesitan entender la(s) disciplina(s) que enseñan, entender lo que se sabe sobre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de esta disciplina y aprender de la práctica a través de la reflexión. Estos tres componentes de una enseñanza que podría considerarse exitosa, se encuentran totalmente interrelacionados.

En esta investigación pensamos que de la misma manera que esperamos que un alumno de secundaria aprenda a utilizar el modelo biológico de ser vivo para explicar por qué un pan húmedo se enmohece, esperamos que el futuro profesor use este nuevo modelo

de enseñanza de las ciencias, para que se explique qué es la ciencia, qué va a enseñar de ella, cómo lo va a hacer y por qué, cómo pueden aprender sus alumnos y para qué los va a evaluar.

Pero llegar a entender esto no es tan sencillo para los futuros profesores, porque aprender significativamente este modelo implica:

- establecer una correspondencia entre lo que se dice (se piensa) sobre la enseñanza de las ciencias y la práctica en el aula;
- poner en cuestión aquellas concepciones sobre la ciencia, la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación, que hasta ahora y de modo implícito habían sustentado sus conocimientos sobre la enseñanza de las ciencias;
- construir nuevos significados de estas concepciones y nuevas relaciones entre ellas, es decir, apropiarse de una nueva manera de entender, hablar y actuar sobre la enseñanza de las ciencias.

A modo de hipótesis, asumimos que dicha construcción, supone posturas metacognitivas, que le permitan al futuro profesor diferenciar los modelos de enseñanza, identificar el suyo, cuestionarlo y aprender el modelo propuesto durante su formación inicial. De lo contrario, lo que tenderá a hacer el futuro profesor, es apropiarse de los aspectos más externos de la metodología de enseñanza, sin atender a los de fondo.

En este sentido, insistimos en que una de las principales metas del curso de ‘Didáctica de las Ciencias’, era que los futuros profesores aprendieran a enseñar ciencias siendo conscientes de qué estaban aprendiendo y para qué y ejerciendo un control sobre sus propios aprendizajes, de manera que alcanzaran progresivamente un nivel de autonomía, necesario para enfrentarse a un currículo abierto que deja en sus manos importantes decisiones sobre la enseñanza.

La reflexión sobre la experiencia previa a esta investigación (Angulo, 1996), nos había mostrado que la interacción social es una estrategia poderosa para favorecer la metacognición de los futuros profesores, ya sea a través de la interacción entre los estudiantes, especialmente cuando están organizados en pequeños grupos de trabajo colaborativo (porque se da entre ellos una evaluación mutua de sus puntos de vista) o a través de la interacción con la profesora – formadora o con los profesores – tutores (porque tiene lugar la coevaluación, una reflexión sobre las ideas que presenta el estudiante, orientada por su profesor/a).

Indagar sobre los detalles de la interacción social, nos permitiría comprender por qué resultaba una estrategia adecuada para propiciar el alcance de las metas de formación de nuestros estudiantes durante el curso de ‘Didáctica de las Ciencias Naturales’. Por otra parte, también nos interesaba analizar a qué dificultades se enfrentaban los futuros profesores, para aprender a enseñar ciencias desde el modelo didáctico propuesto y qué variables favorecían este aprendizaje. El estudio de caso surgía como la metodología de análisis más adecuada para atender a estas necesidades, pero también nos exigía limitar el análisis a un solo grupo de trabajo y a algunos estudiantes. Así entonces, tomamos la decisión de estudiar un grupo de trabajo colaborativo y en particular, a tres de las estudiantes que pertenecían a este grupo.

Tanto la toma de todas estas decisiones, como la definición de los fundamentos teóricos que servían de base a nuestra propuesta de formación, nos permitieron dar forma y plantear el problema de investigación, a través de los siguientes interrogantes:

a) *Con respecto a la interacción social*: ¿Cómo influye la interacción social para favorecer la implementación de un modelo constructivista de enseñanza de las ciencias, por parte de los futuros profesores? Específicamente, queríamos saber:

- ¿Cómo influye el trabajo en un grupo colaborativo sobre las decisiones que toman los miembros del grupo, en torno a la apropiación de este modelo? y,
- ¿Cómo influye la interacción entre profesora – tutora y estudiante sobre las decisiones que toma la estudiante, en torno a la apropiación de este modelo?

b) *Con respecto al aprendizaje del modelo didáctico en particular de las tres estudiantes*: ¿Cómo evoluciona el modelo didáctico de tres estudiantes, mientras aprenden a enseñar ciencias naturales desde un modelo constructivista?

En cuanto al segundo interrogante, la revisión de la literatura sobre formación del profesorado de ciencias también nos permitió establecer que el modo habitual de reconocer los cambios en el modelo de enseñanza de los futuros profesores, es el de rastrear la información sobre sus concepciones de ciencia, de enseñanza y de aprendizaje. En muchas de ellas se reconoce el papel de la evaluación en el aprendizaje de los alumnos (Gil, 1993; Porlán et al, 1994; Hewson et al, 1999) o en la enseñanza del profesor (Woolnough, 2000).

En esta investigación, defendemos la idea de que la concepción de evaluación debe tenerse en cuenta como referente de los cambios que se pretenden en el profesor en formación y por esa razón, para saber si las tres futuras profesoras habían aprendido a enseñar ciencias desde el modelo propuesto, teníamos que rastrear las relaciones entre sus puntos de vista sobre la ciencia, su enseñanza, su aprendizaje y su evaluación. Pensamos que una manera sugerente de hacerlo, era analizando *lo que la estudiante decía, cómo actuaba y qué aprendía* sobre la enseñanza de las ciencias. Las *verbalizaciones y actuaciones* de la estudiante se convirtieron así en indicadores de la evolución de su modelo de enseñanza.

Una vez planteado el problema en el que se centra la investigación, podemos presentar los objetivos que intentamos desarrollar:

### **Objetivos Generales:**

- Analizar la influencia de la interacción social que tiene lugar durante el trabajo en grupo colaborativo y durante la coevaluación, sobre la implementación de un modelo constructivista de enseñanza de las ciencias, por parte de un grupo de futuros profesores.
- Analizar la evolución del modelo de enseñanza de las ciencias de tres futuras profesoras, a lo largo de su periodo de formación inicial, contrastando sus *verbalizaciones* y sus *actuaciones*.

El análisis se hace sobre la información recogida durante:

- Las clases del curso de ‘Didáctica de las Ciencias’ 99 – 00 y
- El practicum realizado en el instituto de enseñanza secundaria.

### **Objetivos Específicos:**

- Establecer la influencia de la interacción social *sobre los aprendizajes de los miembros del grupo de trabajo colaborativo*, a través de las decisiones que toman a medida que diseñan una actividad de enseñanza.
- Establecer la influencia de la interacción social *entre una estudiante y su profesora – tutora, sobre los aprendizajes de la estudiante*, a través de las decisiones que ésta toma a medida que planifica dos actividades de enseñanza.
- Describir e interpretar la evolución del modelo didáctico de tres estudiantes, a partir de la contrastación entre sus *verbalizaciones* (qué decían, qué aprendieron) y su *actuación* (cómo actuaron), a lo largo de su formación inicial.

En estos términos, hemos presentado los objetivos que pretendemos alcanzar en función del problema planteado. En los capítulos que siguen, presentaremos la fundamentación teórica que sirve de marco a esta investigación.

## **PRIMERA PARTE**

*Un Modelo Didáctico para la Formación Inicial del  
Profesorado de Ciencias de Secundaria*



# Capítulo 1.

## *Precisiones en torno a un Modelo Didáctico para la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias de Secundaria*

Este capítulo constituye la primera parte de nuestro marco teórico. Tiene la finalidad de presentar los fundamentos en los que se basa el Modelo Didáctico para la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias Naturales de Secundaria, en el que se sustenta esta investigación.

Este modelo tiene una fundamentación psicológica, epistemológica y socio – pedagógica, basada en el *Modelo de Ciencia Escolar* que se ha venido desarrollando en el Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universidad Autónoma de Barcelona (Sanmartí & Izquierdo, 1997; Izquierdo et al, 1999). A su vez, este *Modelo de Ciencia Escolar*, corresponde con el modelo de enseñanza de las ciencias naturales, que esperamos que aprendan nuestros futuros profesores. Por esta razón, hemos dedicado el capítulo a describir los componentes de estos modelos.

Tanto el *Modelo de Ciencia Escolar*, como el modelo que proponemos para la formación inicial del profesorado de ciencias, se caracterizan por su tendencia social – constructivista y por una concepción de la evaluación, como parte inseparable de la enseñanza y del aprendizaje, en cuanto permite hacer un seguimiento del aprendizaje del estudiante y una retroalimentación a partir de la información que le aporta al profesor y al estudiante sobre el proceso. Esta función de la evaluación se conoce como ‘regulación de los aprendizajes’ y constituye uno de los conceptos más importantes del modelo de enseñanza constructivista, para la formación inicial del profesorado, que se defiende en este estudio.

También se explica en este capítulo cómo funciona un ciclo de aprendizaje que corresponda con este modelo y cómo son unas actividades de enseñanza – aprendizaje – evaluación, que sean coherentes con este planteamiento y alcancen las finalidades previstas para la formación inicial.

Empezaremos con hacer algunas precisiones en torno a lo que concebimos como ‘Modelo de Enseñanza de las Ciencias’.

### **1. ¿Qué es un Modelo de Enseñanza?**

‘*Modelo de Enseñanza*’ o ‘*Modelo Didáctico*’ es uno de los términos más usados en esta investigación. Para muchos autores, se trata de términos que hacen alusión a conceptos diferentes, no obstante, en esta investigación los consideramos sinónimos.

Para nosotras, el ‘*Modelo Didáctico*’ tiene un doble significado: teórico y metodológico. El primero, se refiere a que es el concepto alrededor del cual giran las interpretaciones y reflexiones que aparecen en nuestros resultados y además, nos ayuda a caracterizar uno de los aprendizajes más importantes que esperábamos que hiciesen nuestros estudiantes del curso de Didáctica de las Ciencias. Estamos hablando del *modelo de enseñanza* que queríamos que ellos aprendieran.

El segundo significado de este concepto, tiene que ver con la configuración de la estructura metodológica que nos sirvió para intervenir en la formación de los profesores. En otras palabras, que nuestra propuesta de formación se organiza desde un modelo de enseñanza determinado, que le da forma y sentido a las actividades del curso de didáctica de las ciencias, como lo veremos en el capítulo tres. Por estas dos razones, pensamos que es importante empezar hablando de lo que es un *modelo de enseñanza* en esta investigación.

En esta investigación, consideramos que la enseñanza de las ciencias naturales tiene un carácter teórico y un carácter práctico, íntimamente relacionados: Detrás de la práctica, hay un fundamento teórico –implícito o explícito- que la explica (Fernández & Elortegui, 1996). Al parecer, toda acción tiene una correlación teórica cognitiva que la justifica, pero como dicen Porlán & Flor (1983), eso no significa que siempre que hacemos algo, seamos conscientes del fundamento teórico que lo respalda.

Pensamos que, en la enseñanza de las ciencias, estos componentes (teórico y práctico), están marcados por la ideología personal del profesor que le sirve para juzgar el proceso de enseñanza – aprendizaje, de manera que si admitimos que los profesores de ciencias pensamos y actuamos de acuerdo con un modelo, también debemos admitir que hay una inmensa variedad de modelos. Esto trae como consecuencia que, para poder estudiarlos, la didáctica de las ciencias naturales, caracterice los modelos de enseñanza que le son propios. Pero, ¿qué es lo que hace la didáctica de las ciencias?

De acuerdo con Izquierdo et al (1999), *la Didáctica de las Ciencias se ocupa específicamente de identificar, comprender y solucionar los problemas derivados de la enseñanza de las ciencias* (pg. 79). El desarrollo que ha tenido como un cuerpo propio de conocimientos teóricos (p.ej. Furió, 1994), coherente y específico (p.ej. Hodson, 1993; Mellado & Carracedo, 1993); como un campo de formación (p.ej. Marín, 1997) y de investigación (p.ej. Jiménez Aleixandre, 1992) e incluso actualmente, como una *disciplina tecno – científica* (Adúriz – Bravo, 1999) o como una *ciencia de diseño*: la ‘Didactología’ (Estany & Izquierdo, 2001), ha sido posible gracias al aporte de otros campos del conocimiento como la psicología, la lingüística, las ciencias cognitivas y por supuesto, la filosofía, epistemología e historia de la ciencia (Sanmartí, 1995; Estany & Izquierdo, 2001).

Según Estany & Izquierdo (2001), la didáctica de las ciencias es la teoría de la enseñanza de las ciencias, en general. Esto significa que desde el punto de vista de la transmisión de conocimientos, no hay principios teóricos que sean radicalmente diferentes, entre las ciencias humanas, naturales y sociales. Pero esto no quiere decir que no las haya entre las disciplinas particulares, a nivel de su enseñanza. Estas autoras sostienen que la relación entre la didáctica de las ciencias y las didácticas específicas, tiene que ser de mutua interacción: La primera no puede estar desvinculada de las segundas, ni las segundas pueden carecer de un fundamento teórico.

Pues bien, en esta investigación, nuestro marco de referencia es *la didáctica de las ciencias naturales*, ya que este era el contexto de formación de los estudiantes que tomaron parte de los estudios de caso. Ellos estaban terminando su licenciatura en alguna de estas áreas y en torno a ellas desarrollaron sus prácticas.

La didáctica de las ciencias, así como otras ‘ciencias aplicadas’ (como las llaman Estany & Izquierdo, 2001<sup>1</sup>), se caracteriza por tener un *objetivo o finalidad* y una base teórica, que corresponde a los *conocimientos científicos* que utiliza para alcanzar la meta propuesta (decirnos cómo tendría que ser la enseñanza de las ciencias, para que un alumno tenga una educación científica básica, por ejemplo).

Para entender la interacción entre estos dos pilares, primero hay que tener en cuenta que el saber (la ciencia), el alumno y el profesor, constituyen los tres polos fundamentales del conocimiento didáctico específico (Sanmartí, 1995). Estos tres polos mantienen una relación interdependiente dentro de un marco institucional – la escuela o el aula -. Los mecanismos que hacen posible el funcionamiento de esta estructura didáctica, que se manifiesta en situaciones de enseñanza, fueron recogidos por Brousseau (1984), bajo el nombre de ‘*Contrato Didáctico*’. Sus relaciones están representadas en la figura #1:

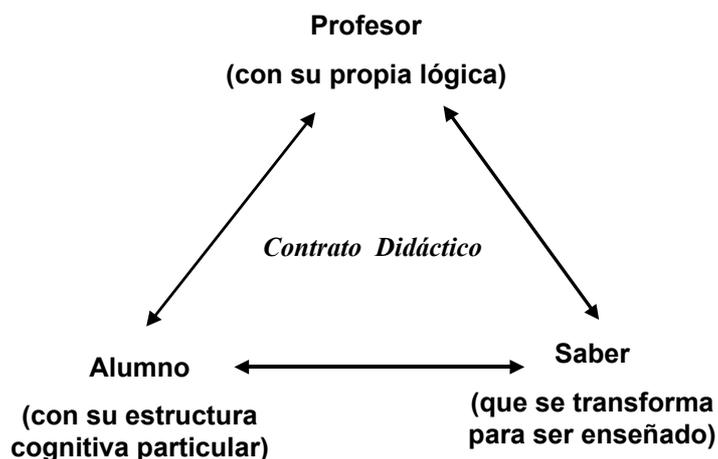


Figura # 1. La interrelación entre los elementos del Contrato Didáctico

Así entonces, de acuerdo con Joshua & Dupin (1993); con Sanmartí (1995) y con Estany & Izquierdo (2001), la didáctica de las ciencias busca comprender cómo funciona la interacción entre estos componentes y cómo tiene que ser el contrato didáctico, para que la enseñanza cumpla con sus finalidades (Brousseau, 1984). Pues bien, de estas reflexiones es de donde han surgido *modelos de enseñanza* diferentes. Desde cada uno de estos modelos, se puede responder a preguntas que ya son muy familiares para quienes estudiamos la didáctica de las ciencias naturales. Por ejemplo: ¿Qué enseñar de la Ciencia?; ¿Cómo hacerlo?; ¿Con qué objetivos?; ¿Cómo aprenden los alumnos?; ¿Cómo evaluar los resultados del aprendizaje?.

<sup>1</sup> Sobre las distinciones entre ciencias básicas, aplicadas y de diseño, se recomienda ver el texto de Anna Estany y Mercè Izquierdo: ‘La Didactología: Una Ciencia de Diseño’. Series Filosóficas #14. UNED. Facultad de Filosofía. 2001.

La configuración de los modelos de enseñanza de las ciencias ha puesto en contacto a la didáctica con conocimientos de muy diversos campos, tales como la psicología, la lingüística, la sociología, las ciencias cognitivas, las ciencias de la comunicación, la inteligencia artificial y por supuesto, las ciencias básicas, su historia y su epistemología. A medida que se van resolviendo los problemas, va surgiendo un marco teórico y metodológico que ya se reconoce como propio de esta área de conocimiento.

Para resumir, podemos decir que los modelos de enseñanza de las ciencias, son objetos de estudio de la Didáctica de las Ciencias y desde cada uno de ellos, se interpretan de manera diferente las relaciones que se establecen entre los componentes del contrato didáctico, que para nuestros objetivos, corresponde con el que tiene lugar en el marco de la enseñanza de las ciencias naturales.

## **2. Características del Modelo Didáctico para la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias Naturales**

El Modelo Didáctico para la Formación Inicial del Profesorado que presentamos en este estudio, tiene sus orígenes en las reflexiones y en los esfuerzos que Neus Sanmartí y M. Pilar García, han venido desarrollando aproximadamente desde 1994, junto con otras profesoras del *Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals* de la *Universitat Autònoma de Barcelona*.

Sus intereses profesionales han estado repartidos entre la definición de un *Modelo Didáctico de Ciencia Escolar* (Sanmartí & Izquierdo, 1997; Izquierdo et al, 1999), para entender de un modo diferente la relación entre los contenidos científicos y la manera de enseñarlos y aprenderlos y la definición de un *Modelo Didáctico para la Formación del Profesorado de Ciencias Naturales*.

La vinculación entre estos dos intereses obedece a la estrecha relación que este grupo de profesoras establece entre el significado de la construcción del conocimiento científico en la escuela y el modo de formar profesores que entiendan dicho significado. En otras palabras, sus reflexiones giran en torno a que si los alumnos aprenden construyendo y reconstruyendo sus modelos explicativos, de igual manera, los futuros profesores tendrían que aprender a enseñar, construyendo y reconstruyendo sus modelos didácticos. Esta idea impulsó grandes cambios en la manera de concebir la formación inicial al interior de los cursos de ‘Didáctica de las Ciencias Naturales’, ofrecidos en este Departamento. Pero ha sido específicamente, en los cursos impartidos por M. Pilar García y en paralelo, en los cursos de ‘Didáctica de la Física y de la Química’, donde estas ideas se han concretado en un esfuerzo que va desde la programación del curso, hasta el diseño, aplicación y evaluación de las actividades de enseñanza – aprendizaje dirigidas a los futuros profesores.

Las reflexiones y esfuerzos de M. Pilar García y de Neus Sanmartí, en torno a la formación inicial del profesorado de ciencias para la secundaria, han abierto camino a varias investigaciones, cuyos frutos se han venido recogiendo desde 1996 no solamente en Cataluña (Angulo, 1996), sino también en Argentina (Pedrol, 2000; Hugo, 2000) y en Nicaragua (Lucio, 2001).

La búsqueda de una fundamentación teórica que de sentido a un Modelo de Ciencia Escolar, ha transcurrido casi a la par con la configuración de un Modelo Didáctico para la Formación Inicial del Profesorado. El Seminario – Taller sobre ‘Aportaciones de la Epistemología y de la Ciencia Cognitiva a la Didáctica de las Ciencias’, que tuvo lugar en la Universidad Autónoma de Barcelona en 1996, contribuyó decisivamente a la consolidación de las ideas que este grupo de profesoras venía gestando (Izquierdo, 1995; Izquierdo et al, 1996), desde hacía algún tiempo. La interacción con Ronald Giere, uno de los principales exponentes del Modelo Cognitivo de Ciencia fue especialmente importante para la fundamentación epistemológica del Modelo de Ciencia Escolar, un tema sobre el cual ha trabajado con especial interés Mercé Izquierdo.

Esta construcción teórica tuvo sus reflejos en las reflexiones sobre la definición de un Modelo Didáctico para la Formación Inicial del Profesorado y son las que presentaremos en el apartado siguiente<sup>2</sup>.

## **2.1. Componentes del Modelo Didáctico**

Dado el estado de desarrollo de la didáctica de las ciencias, existen muchos modelos que han surgido paralelamente y que, al igual que el que proponen Izquierdo et al (1999), se encuentran en una etapa de búsqueda de coherencia interna (Sanmartí & Izquierdo, 1997), de robustez. En esta variedad de modelos se pueden hallar relaciones muy estrechas, debido a que comparten algún referente, ya sea *psicológico*, *sociológico* ó *epistemológico* (Zimmermann, 2000), algún principio didáctico o algún elemento.

El *Modelo Didáctico de Ciencia Escolar* de Izquierdo et al (1999), sirve como punto de partida al modelo que proponemos para la formación inicial del profesorado. Por esta razón, vamos a empezar a describir el nuestro a partir de los componentes que ellas han sugerido.

El modelo didáctico que proponen Izquierdo et al (1999), se fundamenta en:

- Un enfoque cognitivo de la *psicología del aprendizaje*, en el cual es esencial el papel de la interacción social;
- El ejercicio de una *práctica docente innovadora*, orientada a que los alumnos alcancen los mejores resultados posibles en sus aprendizajes, entre los que destacan la adquisición de una autonomía de pensamiento y de acción, la capacidad comunicativa y la adquisición de valores;
- Un *nuevo enfoque epistemológico* que se adecúa a la ciencia en la escuela y que tiene en cuenta los aspectos sociales de las ciencias, así como la relación entre experimentos, lenguajes y teorías científicas.

A continuación explicaremos brevemente estos componentes, en el marco de la formación inicial del profesorado de ciencias, para hacer una introducción general, pero a lo largo del marco teórico, se profundizará en ellos.

---

<sup>2</sup> Respecto al Modelo de Ciencia Escolar y a la formación epistemológica del profesorado de Ciencias, se han hecho en los últimos años interesantes contribuciones (ver Adúriz – Bravo, 1999, 2001; Adúriz – Bravo & Izquierdo, 2001).

El primero de estos componentes es la *psicología cognitiva*, que nos ayuda a entender dos cosas: la primera, es cómo el estudiante (futuro profesor) consigue dominar los *conocimientos científicos* y ser capaz de transformarlos para poder enseñarlos. La segunda, muy en relación con la anterior, es entender cómo -dentro del contrato didáctico-, el estudiante es capaz de almacenar, procesar y utilizar los *conocimientos didácticos* que se le presentan, sobre y desde un nuevo modelo de enseñanza de las ciencias que no conoce. Todas estas operaciones forman parte de la *actividad cognitiva*, que es el objeto de estudio de la psicología cognitiva. A su vez, la actividad cognitiva es la unidad de análisis de la Teoría de la Actividad (cuyas raíces se encuentran en los trabajos de Vygotski) y desde la cual entendemos en este estudio, lo que significa aprender a enseñar ciencias. Esta actividad cognitiva, se favorece a través de la interacción social, un marco de reflexión compartida entre estudiantes y profesoras formadora y tutora, en el que tiene lugar gran parte de la creación de significados.

Respecto al segundo componente, poner en marcha una *práctica educativa innovadora*, implica que la profesora - formadora sea capaz de revisar y modificar de manera fundamentada, como son las concepciones que mantiene respecto a la ciencia, su enseñanza, aprendizaje y evaluación, y actuar consecuentemente con ellas. De ese modo, puede entender y compartir el enfoque del modelo de enseñanza que le propone a sus estudiantes.

Una reflexión de este tipo, supone el desarrollo de las capacidades *metacognitivas* del futuro profesor (Gunstone et al, 1993; Sanmartí, 1995; Jorba & Sanmartí, 1996; Angulo & García, 1999, 2000, 2001; Gunstone, 2000a;), aquellas que le permiten saber qué sabe, cómo lo ha aprendido o qué debería aprender para enseñar ciencias de otra manera. A su vez, estas capacidades le imprimen la autonomía necesaria para tomar decisiones en torno a qué enseñar de la ciencia y cómo hacerlo, pero también le ayudan a entender que es muy importante que sus alumnos aprendan ciencias para que, como ciudadanos, sean críticos a la hora de decidir lo que más les conviene y para que tengan una visión fundamentada sobre cómo funciona el mundo (Sanmartí, 2001). De ese modo, el modelo didáctico que proponemos, contribuye a que el futuro profesor se convierta en un modelo de autonomía para sus alumnos (Gunstone et al, 1993).

El componente *epistemológico* del modelo didáctico de *ciencia escolar* propuesto por Izquierdo et al (1996; 1999), es una de las bases fundamentales del modelo de enseñanza que pretendemos que el futuro profesor aprenda y lleve a su aula de ciencias. Por esta razón, lo explicaremos con un poco más de detalle.

En primer término, hay que entender que dentro del contrato didáctico, el profesor ‘toma’ el saber científico y lo ‘pasa’ al alumno (Estany & Izquierdo, 2001; Izquierdo et al, 1999; Sanmartí, 1995). Pero, ¿qué es lo que le transmite? El profesor no le transmite al alumno ese saber tal cual, sino re-construido. Para explicar este proceso, estas autoras retoman el concepto de *transposición didáctica*, propuesto por Yves Chevallard (1985), entendiéndolo como el proceso a través del cual, el profesor re-elabora el conocimiento de los científicos, de manera que lo pueda proponer a los alumnos en las diferentes etapas de su aprendizaje, sin ‘simplificarlo’ o sin que deje de ser riguroso y teórico.

En segundo término, debemos entender que la filosofía de la ciencia interviene entonces, para explicarnos cómo piensa el futuro profesor cuando lleva a cabo dicha

transposición del conocimiento de la ciencia, a objeto de enseñanza (Estany & Izquierdo, 2001; Sanmartí, 1995).

Ahora bien, de acuerdo con Izquierdo et al (1999), en la enseñanza obligatoria actual, se establece la finalidad de enseñar ciencias a toda la población, lo que implica que la transposición didáctica que haga el profesor de ciencias, consiga que lo que se enseña en la escuela, conecte con los intereses del alumnado.

Para implicar a los alumnos en sus propios aprendizajes, estas autoras ponen en evidencia la necesidad de presentarles objetivos, fenómenos y conceptos que se adecúen a sus intereses y conocimientos previos. Visto así, los conocimientos que van a circular en el entorno escolar, no van a ser los conocimientos propios de la comunidad científica, pero tampoco pueden ser los que el alumno usa en el mundo cotidiano. Se trata de conocimientos que configuran lo que Izquierdo et al (1999) llaman la *ciencia escolar*. Cuando el futuro profesor está aprendiendo a enseñar ciencias con un nuevo modelo de tendencia constructivista, esperamos que entienda estas diferencias.

Las razones de esta preocupación se centran en que la *ciencia escolar* recoge la imagen de ciencia que maneja el profesor y determina la que se forma el alumno. En otras palabras, que a través de las actividades de enseñanza que haga el profesor, es posible dilucidar cuál es su ciencia escolar, porque da cuenta de su modelo sobre la naturaleza de la ciencia, sobre la naturaleza de la enseñanza de las ciencias y sobre la naturaleza del aprendizaje de las ciencias (E. Zimmermann, 2000).

El **Modelo Cognitivo de Ciencia** propuesto por Giere (1988), ha sido básico para la caracterización y fundamentación del *Modelo de Ciencia Escolar* que el grupo de la UAB ha venido desarrollando, porque se trata de una propuesta filosófica que ofrece la posibilidad de proponer tanto las finalidades curriculares de la educación científica, como un foro de discusión apropiados para la escuela. Así mismo, el Modelo Cognitivo de Ciencia permite tomar decisiones sobre lo que es importante y significativo enseñar y aprender en la escuela.

A continuación, comentaremos de qué se trata la propuesta de Giere, para aclarar mejor cómo es este componente **epistemológico** de su modelo, que le da las bases al nuestro.

Según Estany & Izquierdo (2001), los modelos cognitivos de ciencia surgieron a raíz del impacto que tuvieron las ciencias cognitivas en la filosofía. Disciplinas como la inteligencia artificial, la psicología cognitiva, la neurociencia, la lingüística y la epistemología, se caracterizan como ciencias cognitivas. Algunos filósofos interesados en conocer el origen y formación del conocimiento humano, propusieron un nuevo enfoque desde el cual, la ciencia se define como una actividad cognitiva y la filosofía de la ciencia hace uso de conceptos y métodos de las ciencias cognitivas para estudiar esta actividad.

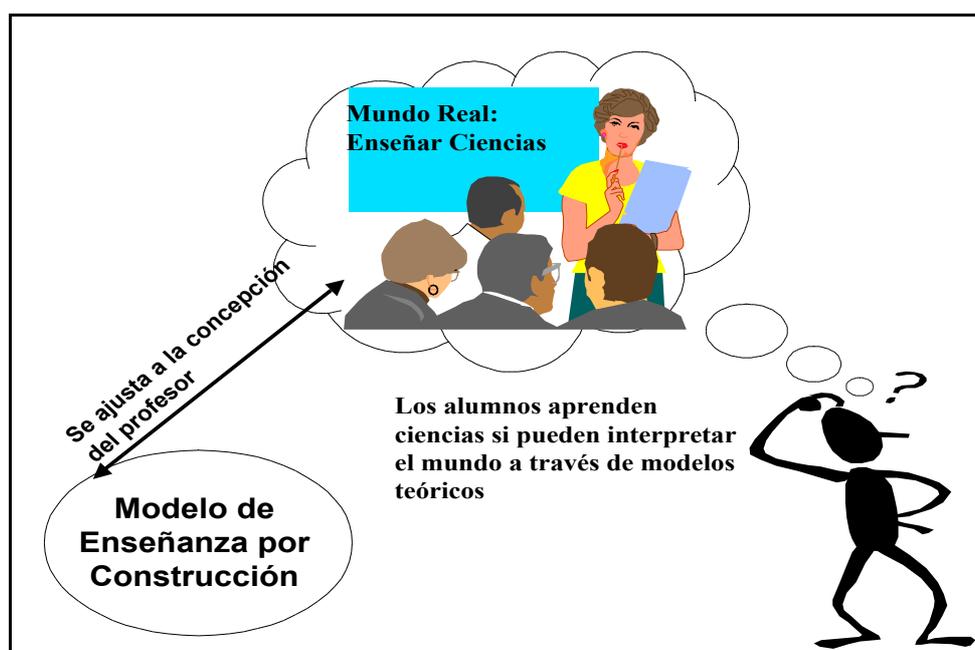
Para estas autoras, es así como se plantea que la ciencia es una actividad humana, cuya meta es la de interpretar el mundo, a través de una racionalidad hipotética. Uno de los filósofos más importantes que han trabajado con la orientación cognitiva, es Ronald Giere. Este autor pone de relieve la importancia de los '*modelos teóricos*' en la representación del conocimiento científico (Giere, 1988).

Desde su punto de vista, los *modelos* son representaciones mentales que se asemejan a *mapas internos* del mundo exterior (Giere, 1988; 1999a). En otras palabras, son objetos abstractos, cuyo comportamiento se ajusta con cierta exactitud a las *definiciones* que nos hacemos sobre las cosas. Eso significa, que las relaciones entre los modelos teóricos y la realidad son de similitud, no de correspondencia y se establecen a través de ‘*hipótesis teóricas*’ (Giere, 1988, 1999a; Estany & Izquierdo, 2001).

*El modelo no representa la realidad del mundo.* En consecuencia, no es verdadero ni falso, sino más o menos similar a los sistemas reales. No obstante, las hipótesis teóricas hacen afirmaciones sobre los fenómenos, guiándose por los modelos y en ese sentido, sí pueden ser verdaderas o falsas, además de tener una base empírica. Esto condujo a Giere a establecer que una teoría científica estaría constituida por un conjunto de modelos más un conjunto de hipótesis teóricas o de hechos interpretados y que la relación entre el modelo y la realidad, aparte de ser compleja, no es directa (Giere, 1988; 1999a).

Pues bien, estamos de acuerdo con Estany & Izquierdo (2001), en que los modelos didácticos, son modelos teóricos en el sentido en que los propone Giere. Así entonces, por una parte, todos los profesores tenemos una definición, un punto de vista, una serie de concepciones sobre lo que es enseñar ciencias (p.ej. se enseña explicando claramente), a la cual se ajusta un modelo (p.ej. de transmisión). Por otra, es claro que si el modelo sobre la enseñanza y la enseñanza en sí, no son lo mismo, es necesario mirar hasta dónde la enseñanza y nuestro modelo son similares, para saber qué tan productivo es dicho modelo (entre más se ajuste a la realidad, es ‘mejor’).

Para ilustrarlo, presentamos en la figura #2 una adaptación de la idea de Giere sobre ‘el ajuste entre los modelos y la realidad’, a la enseñanza de las ciencias. A modo de ejemplo, mostramos qué puede pensar un profesor sobre el aprendizaje de las ciencias, desde un modelo como el de la ciencia escolar:



**Figura #2.** El Modelo de Enseñanza Constructivista se ajusta a la definición que el profesor tiene sobre el aprendizaje de los alumnos, de acuerdo con la idea de Giere sobre el ajuste de los modelos a la realidad.

Con este ejemplo también queremos ilustrar que el mundo de la enseñanza de las ciencias, se entiende a través de los modelos didácticos que los profesores usamos para interpretar dicha enseñanza.

De acuerdo con Giere, este ajuste entre las concepciones que mantenemos los profesores y el modelo didáctico, es más bien relativo. No abarca todos los aspectos del problema de la enseñanza, aunque de un modo u otro, estos se encuentran implícitos. Para explicarlo, él mismo sugiere la bien conocida metáfora del mapa (Giere, 1999a): Cualquier mapa presenta sólo ciertos aspectos de un territorio. Para recorrer los sitios históricos de una ciudad, es mucho más útil un mapa de sus calles, que uno del metro. Sin embargo, si no tenemos un mapa de calles, con un poco de orientación, se puede llegar a deducir cual es la parada de metro más próxima al lugar que deseamos visitar. Además, así como todo mapa es parcial, también lo es cualquier modelo.

En este modelo de ciencia escolar, la ciencia tiene unas dimensiones comparables con las del modelo cognitivo de ciencia, que resumimos en la siguiente tabla:

DIMENSIONES	MODELO COGNITIVO DE CIENCIA	MODELO DE CIENCIA ESCOLAR
<b>OBJETIVO</b> (¿Por qué queremos conocer el mundo?)	Interpretar teóricamente los fenómenos del mundo, para poder actuar sobre ellos. Los fenómenos se relacionan entre sí, mediante modelos teóricos.	Que el alumno sea capaz de interpretar los fenómenos y hechos del mundo, a través de modelos teóricos, y que pueda actuar sobre ellos. Este objetivo es lo que le da sentido a la ciencia en la escuela, no el método.
<b>REALISMO</b> (¿Nos dicen algo las ciencias sobre el mundo?)	La ciencia nos dice algo aproximadamente cierto sobre el mundo (Realismo pragmático).	El ‘mejor’ modelo teórico para el alumno, es el que más le ayude a explicarse la realidad de la manera en que lo hacen los científicos.
<b>MÉTODO</b> (¿Cómo conectan los experimentos y las teorías?)	No hay un método científico único que los relacione, pero tampoco se admite como válida cualquier manera de pensar y actuar.	Varía en función de la pregunta y del marco teórico. Se introducen procedimientos generales para ‘pensar y actuar’, que permitan al alumno llegar a dominar las teorías científicas escolares.
<b>RACIONALIDAD</b> (¿Cómo cambian las ciencias? Juicios)	Racionalidad moderada, que explica cómo impulsan los científicos, el proceso de creación científica. Destaca el aspecto humano, tentativo y constructivo de la ciencia.	Los conocimientos científicos en la escuela son válidos, en tanto les sirvan a los alumnos para interpretar el mundo, desde modelos teóricos. (Significatividad).

En nuestro estudio, la validez de un modelo didáctico estaría en ver qué tanto se ajusta a la resolución de las preguntas y los problemas que nos planteamos sobre la enseñanza de las ciencias naturales. A su vez, la racionalidad de un modelo de ciencia escolar estaría en su finalidad, es decir, en qué tan útil le resulta al alumno para interpretar los fenómenos de la realidad, o en palabras de Giere, en qué tanto el modelo del alumno se ajusta al mundo real, pero desde el punto de vista de la ciencia que se enseña en la escuela. De ahí la importancia de revisar el modelo que va construyendo el alumno y por supuesto, el modelo de ciencia que tenemos los profesores.

En general, en todos los modelos de enseñanza encontramos respuestas a cómo se ve la ciencia; qué enseñar; cómo se aprende y cómo se evalúa. Dichas respuestas son indicadores que permiten diferenciarlos. Pero hay otros aspectos que ya no son tan específicos como criterios para identificar uno u otro modelo de enseñanza. Estamos hablando de los aspectos afectivos que tanto suelen preocupar a los futuros profesores cuando inician sus prácticas: mantener buenas relaciones con los alumnos; preocuparse por su rendimiento; apoyarlos o darles un consejo a tiempo, entre muchos otros. A lo largo de la formación inicial en didáctica de las ciencias, es importante que nuestros estudiantes entiendan que desde cualquier modelo de enseñanza, se valoran estos aspectos.

No obstante, no podemos confundir esta apreciación con los estudios que se están llevando a cabo desde la psicología y las didácticas específicas, para explicarnos qué tanto y cómo llegan a influir estos aspectos en el aprendizaje de los alumnos (por ejemplo los trabajos de La Fortune & St. Pierre, 1994; García, T., 1995; Pintrich, 1995; Hodson, 1998; Wolters & Pintrich, 1998 y Pintrich, 1999, entre otros)<sup>3</sup>.

Estany & Izquierdo (2001), sugieren que la investigación en la enseñanza de las ciencias avanza en la medida en que los investigadores seamos capaces de coordinar las teorías que han hecho aportes a la didáctica de las ciencias y de adaptarlas de un modo pragmático a los problemas que se estudian. Las explicaciones que van surgiendo como fruto de este trabajo van configurando modelos teóricos que son propios de la didáctica.

Pero hoy en día, la didáctica de las ciencias, investiga en varias líneas de trabajo, con lo cual, los problemas son diversos y en consecuencia, también lo son los modelos teóricos. Por esa razón, estas autoras consideran que los modelos son teorías parciales, ya que sólo se aplican a los problemas que se han resuelto con ellos. No obstante, el desarrollo de una disciplina hace posible que en su momento, los modelos se vayan unificando, dando lugar a teorías dentro de las cuales se comparten lenguajes.

Volviendo sobre la idea de Giere (1988), pensamos que la teoría sobre la enseñanza de las ciencias naturales, así como las demás teorías, está constituida por una o varias familias de modelos, con sus respectivos hechos interpretados. A nuestro modo de ver, estos modelos dan cuenta de los problemas que aparecen en torno a la ciencia que se enseña en la escuela, a su aprendizaje y a su evaluación, configurando el contrato didáctico, como se representa en la figura #3:

---

<sup>3</sup> Al respecto, ya se ven los primeros intentos de estudiar los aspectos meta-afectivos en la formación de los profesores de ciencias (Ver Hugo, 2000)

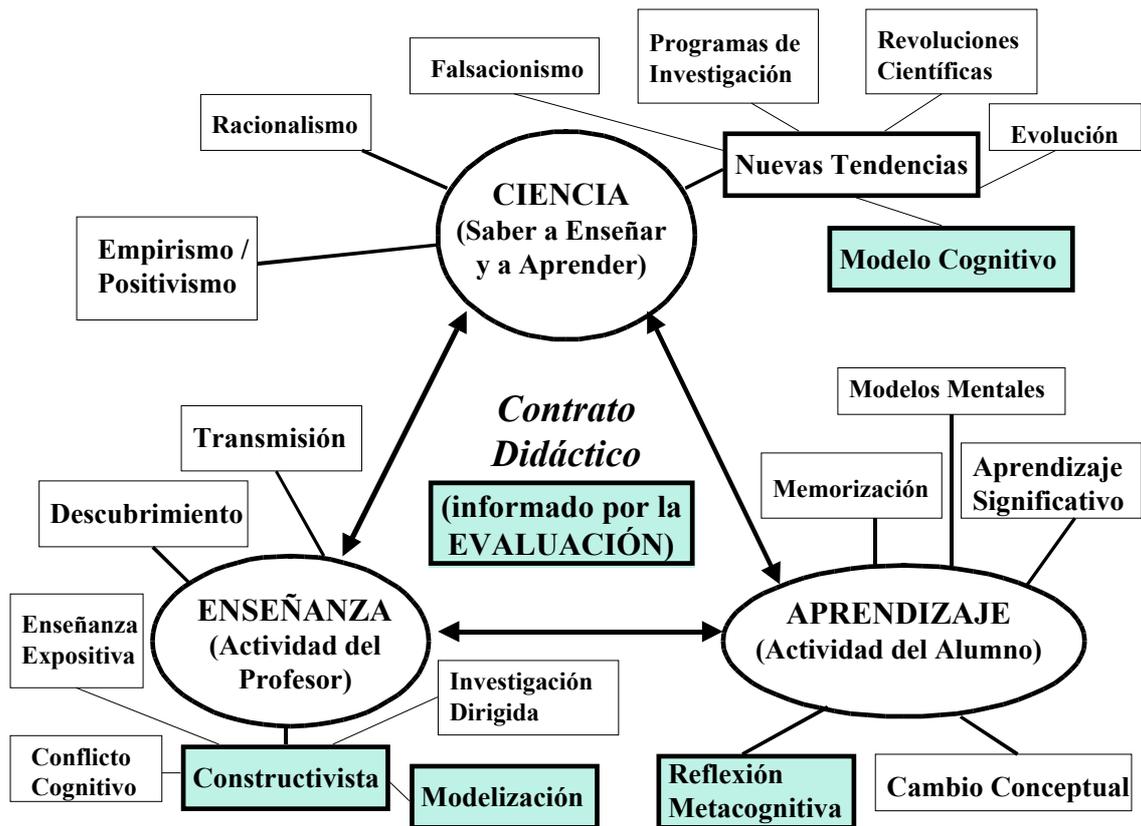


Figura # 3. La Didáctica de las Ciencias esta constituida por familias de modelos, de acuerdo con la idea de Giere. Los que están sombreados, configuran el Modelo de Enseñanza que se promueve en esta investigación.

La figura #3 no pretende ser exhaustiva en la presentación de todos los modelos que harían parte de la teoría didáctica. Más bien, intenta mostrar que hay familias de modelos sobre la ciencia, representados por el empirismo/positivismo, por el racionalismo y por las nuevas tendencias filosóficas y epistemológicas, en las que hemos agrupado a las que han dado lugar a la Nueva Historia y Filosofía de la Ciencia<sup>4</sup> y al Modelo Cognitivo de Ciencia.

También, hay familias de modelos sobre la enseñanza, como por ejemplo, el de transmisión de contenidos, el de descubrimiento y los constructivistas (enseñanza expositiva; conflicto cognitivo; investigación dirigida, entre otros – ver Pozo & Gómez Crespo, 1998), de los cuales destacamos el de ‘Modelización’, porque corresponde con la idea de aprender re-construyendo modelos. Esta idea se ha venido desarrollando en nuestro *Departament de Didàctica*. Finalmente, también hay modelos sobre el aprendizaje como por ejemplo los modelos mentales, el modelo de cambio conceptual o el de la reflexión metacognitiva, entre muchos otros.

No hemos representado todas las relaciones entre las familias de modelos que se muestran en la figura, para no recargarla –aún más- de información, pero nos parece

<sup>4</sup> New History and Philosophy of Science (NHPS).

importante hacer notar que si se relacionan entre sí ciertos modelos de cada polo del contrato didáctico, se pueden identificar los modelos de enseñanza más conocidos. Por ejemplo, si relacionamos el empirismo/positivismo, con la enseñanza por transmisión de contenidos y con el aprendizaje por memorización de contenidos, tendremos un modelo tradicional de enseñanza de las ciencias, que se conoce como *modelo de transmisión*.

En la figura #3, hemos sombreado, las familias de modelos que configuran el modelo de enseñanza que forma parte de esta investigación y que permite representarse el tipo de aprendizajes que queríamos que alcanzaran nuestros estudiantes.

En todos los modelos y desde todas las relaciones que se puedan establecer entre las diferentes familias de modelos, hemos de destacar que se puede responder a las preguntas que nos hacemos desde la didáctica de las ciencias. A modo de ejemplo, podemos citar las siguientes:

- Sobre la Ciencia: ¿Qué imagen de Ciencia tiene el profesor? ¿Qué Ciencia Enseñar?
- Sobre la Enseñanza: ¿Con qué finalidad se enseña la Ciencia en la secundaria? ¿Cómo se puede enseñar?
- Sobre el Aprendizaje: ¿Cómo se piensa que aprenden Ciencias los alumnos?

En la figura #3, hemos añadido a la idea de Brousseau (1984), que las relaciones que se establecen a través del contrato didáctico, desde nuestro punto de vista, están siendo *informadas* por la Evaluación. ¿Qué significa esto?. En palabras de Santos (1996), que así como la forma de entender la evaluación, condiciona el proceso de enseñanza – aprendizaje, dándole importancia a unos contenidos (que son los que se evaluarán), frente a otros, también es cierto que las reflexiones en torno a los resultados del aprendizaje de los alumnos, o de las estrategias de enseñanza del profesor, condicionan las decisiones que toman y las actuaciones, tanto del profesor, como del alumno. Por ejemplo, habitualmente este último, lejos de poner en cuestión los criterios con los que es evaluado, hace todo lo posible por acomodarse a ellos. De ese modo, el mejor estudiante es aquel capaz de ‘adivinar’ lo que el profesor va a evaluarle. Esa es la *información* que este estudiante tiene sobre la evaluación (Custodio, 1996).

No obstante, si se concibe la evaluación como un proceso reflexivo, que se apoya en evidencias de diverso tipo, sobre el proceso de enseñanza – aprendizaje, recogidas por medio de distintos instrumentos y en diferentes momentos, para que profesor y alumno puedan tomar la mejor decisión, estamos hablando de una evaluación que informa ese contrato didáctico entre profesor, alumno y saber, de un modo muy diferente al habitual.

Esto es lo que justifica que en esta investigación, el rastreo de las evidencias sobre los cambios en el modelo de enseñanza de las estudiantes que hicieron parte del estudio, se centre no solamente en las relaciones que ellas establecen entre ciencia, enseñanza y aprendizaje, sino también en qué evaluar, cómo hacerlo y con qué fin.

Volviendo un poco sobre el estado de desarrollo de la didáctica de las ciencias, nos encontramos en este momento, con que se puedan considerar como sinónimos los términos ‘*modelo curricular*’ y ‘*modelo didáctico*’. Sanmartí & García (1999), al analizar las interrelaciones entre los enfoques curriculares CTS y los enfoques de evaluación, identifican los tipos de currículos, con los modelos de enseñanza por transmisión de conocimientos, por descubrimiento y por construcción.

Uno de los aspectos más relevantes que han surgido gracias a los desarrollos de la investigación en didáctica de las ciencias, es que el proceso de enseñanza – aprendizaje sea *significativo* (Izquierdo et al, 1999). Desde la propuesta de Ausubel (Ausubel et al, 1978), aprender es dotar de significado a un material o a una información, es decir, que el alumno pueda ‘comprenderlo’, porque ha logrado ‘traducirlo a sus propias palabras’ (Pozo & Gómez Crespo, 1998). Notemos que para Izquierdo et al, un aprendizaje es significativo para el alumno, cuando puede utilizarlo en contextos diferentes a aquellos en los cuales lo aprendió. Esto quiere decir, que la ciencia que se enseña en la escuela primaria y secundaria, debe tener sentido para el alumno, es decir, debe permitirle *utilizar* el conocimiento que aprende, para explicarse fenómenos. En ello radica también, la racionalidad del modelo de ciencia escolar.

No obstante, Izquierdo et al (1999) reconocen que hay contenidos que son muy abstractos y están alejados de los intereses de los alumnos y que esto plantea una dificultad seria para poder enseñárselos de un modo significativo. De ahí la importancia de que el futuro profesor entienda lo que significa hacer una *transposición didáctica* adecuada, es decir, que aprenda a transformar el saber científico en un conocimiento que pueda ser re-construido a través de los modelos propios de la ciencia escolar.

Por otra parte, para estas autoras, *aprender significativamente* implica tomar consciencia de las diferencias entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico (Sanmartí & Izquierdo, 1997). En otras palabras, sugieren que la *metacognición* (que explicaremos en el capítulo dos), entra entonces a jugar un papel esencial en el aprendizaje del alumno (y desde nuestra propuesta, también en el aprendizaje del futuro profesor), a la hora de construir marcos teóricos diferentes para interpretar la realidad y actuar sobre ella, sin desconocer lo que hace que dichos marcos sean parecidos o distintos a aquellos que usa el alumno en su conocimiento cotidiano.

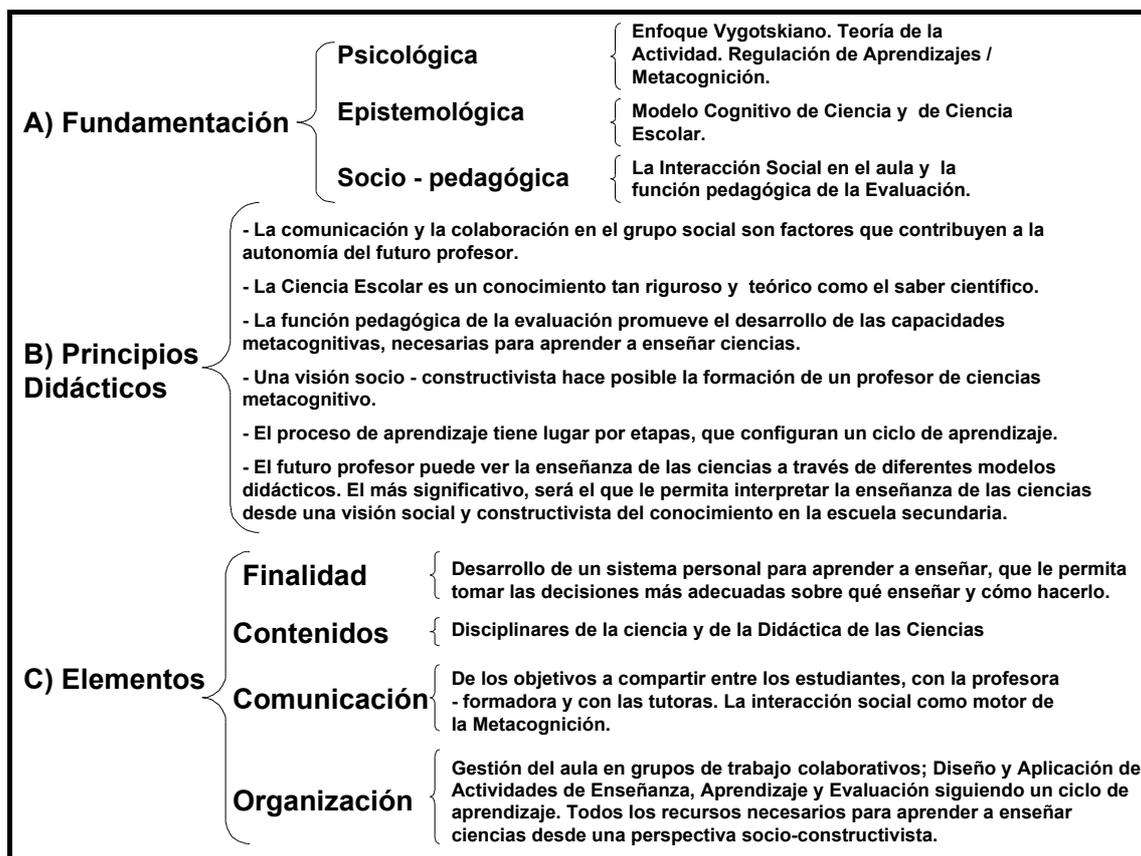
En este análisis merece la pena destacar que tal y como piensan Sanmartí & Izquierdo (1997), cada modelo de ciencia escolar trae implícita una concepción sobre cuáles son las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Estamos de acuerdo con estas autoras en que los conocimientos que aprendan los alumnos, deberían permitirles una participación más democrática en la gestión de los problemas de su entorno y en que serán la base desde la cual estos alumnos, como ciudadanos, tomarán las decisiones sociales y políticas que afectarán sus propias vidas. No obstante, se reconoce que es un modelo idealista porque está pensado para una sociedad que no existe, pero que es deseable. Para nosotras, alcanzar esta meta implica construirla desde ahora, en la formación inicial del profesorado de ciencias.

De acuerdo con Cañal & Porlán (1988), un modelo didáctico debe responder implícita o explícitamente a cuestiones fundamentales sobre: el modelo conceptual con el cual se va a describir el aula, los fines educativos que se han seleccionado y los principios didácticos en los cuales se sustenta. Estany & Izquierdo (2001), recogen estos planteamientos y los de Coll (1986), para explicar que un modelo didáctico se caracteriza por tener:

- a) unos fundamentos psicológicos, epistemológicos y socio-pedagógicos;
- b) unos principios didácticos que se derivan del modelo;
- c) unos elementos: finalidad, contenidos, comunicación, organización (actividades, secuenciación, recursos...) y,

d) unas relaciones específicas entre estos elementos

La aplicación de estos componentes del modelo didáctico para la formación inicial del profesorado de ciencias que presentamos en esta investigación, nos permiten profundizar en su descripción, que a modo de síntesis, aparece en el cuadro #1. Los fundamentos psicológicos, epistemológicos y socio-pedagógicos (de los cuales ya hemos hablado), entran en relación con los elementos del modelo, a través de los principios didácticos.



**Cuadro # 1. El Modelo Socio – Constructivista de Formación Inicial del Profesorado de Ciencias Naturales, que se defiende en esta investigación.**

Hemos dicho que los principios didácticos se desprenden del modelo. A nuestro modo de ver, es a partir de estos principios de donde surgen las hipótesis teóricas a través de las cuales, el modelo didáctico para la formación inicial y la realidad de dicha formación, se ponen en relación (que recordemos que no es de correspondencia, sino de similitud, siguiendo la idea de Giere, 1988; 1999a). Habitualmente, los principios quedan implícitos, pero son los que en último término dan la base, son el origen o la razón fundamental sobre la cual pensamos y actuamos respecto a la formación, en este caso, de nuestros futuros profesores y por eso también decimos, que son los que nos orientan. Así entonces, el modelo didáctico para la formación inicial que estamos presentando, se orienta por los principios de:

- *Comunicación y colaboración*, porque se entiende que la interacción social en pequeños grupos de trabajo colaborativo, favorece que el futuro profesor aprenda a

- enseñar ciencias desde un modelo constructivista de la enseñanza (ver apartado 2.2. de este mismo capítulo y apartado 3 del capítulo tres).
- *Comprensión del conocimiento* que se construye en la escuela secundaria, como una ‘ciencia escolar’ que tiene características comparables a las de la ciencia, desde un modelo cognitivo (ver este mismo apartado).
  - *El carácter pedagógico de la evaluación*, vista como un dispositivo que ayuda al estudiante a aprender a enseñar y al profesor-formador, a ajustar sus estrategias al aprendizaje de sus estudiantes. Este carácter de la evaluación ayuda a potenciar las capacidades metacognitivas del futuro profesor, necesarias para que vea la enseñanza de las ciencias desde un modelo diferente al suyo (Sanmartí, 2001), (ver apartado 2.3. de este mismo capítulo y capítulos dos).
  - *Una visión socio – constructivista de la enseñanza de las ciencias*, traída a la formación inicial del profesorado, permite diseñar las estrategias más adecuadas para que el futuro profesor pueda contrastar su modelo de enseñanza con otros, incluido el que se le propone y vea las ventajas que este último tiene para explicar qué ciencia aprenden los alumnos y cómo la puede enseñar, desde un currículo abierto (Coll, 1986), como el que orienta la actual reforma educativa (ver apartado 2.2 de este mismo capítulo y capítulo tres).
  - *La re-estructuración del conocimiento científico y didáctico, a través de modelos teóricos* desde los cuales se puede interpretar la realidad, hace posible que el futuro profesor entienda que hay muchas maneras de enseñar ciencias, cada una con ciertas finalidades y supuestos teóricos. Compararlas le permite tomar consciencia de sus propios puntos de vista y del valor explicativo del modelo didáctico que se le propone que aprenda (ver capítulo tres). A esto nos referimos cuando hablamos de *Modelización*.

Del conjunto de relaciones que hemos sintetizado en el cuadro #1, surgen las hipótesis teóricas que son las que en última instancia permiten decidir, hasta donde el modelo propuesto se ajusta al sistema real (aprender a enseñar ciencias en la escuela secundaria).

Hemos introducido la idea de que el Modelo Socio – Constructivista de Enseñanza de las Ciencias, nos ha servido como marco teórico y metodológico en esta investigación. Teórico porque desde este modelo hacemos nuestras interpretaciones y metodológico, porque sirvió como estructura para la propuesta de formación inicial que se viene desarrollando aproximadamente desde 1994 y que sirve de contexto a esta investigación. Las características del modelo, toman forma en la propuesta que hacemos y que iremos desarrollando a lo largo del marco teórico. A su vez, estos principios didácticos, así como los fundamentos y elementos que relacionan, se abordarán con más detalle en la descripción que haremos del modelo.

Por ahora, seguiremos con la argumentación del carácter constructivista de nuestro modelo de formación inicial.

## **2.2. El enfoque Socio – Constructivista del Modelo de Formación Inicial**

El enfoque constructivista para la enseñanza de las ciencias ha inspirado la propuesta de formación del profesorado que presentamos en esta investigación, porque ha dejado

resultados muy satisfactorios en el aprendizaje de las matemáticas y las ciencias de los alumnos de primaria y secundaria (Jorba & Sanmartí, 1996). Pensamos que con los futuros profesores, podríamos utilizar este enfoque, con miras a que pudiesen aprender un modelo de enseñanza ajeno a su propia experiencia como alumnos y en consecuencia, muy nuevo para ellos. Esta consideración coincide con las decisiones que han dado origen a varias investigaciones sobre formación del profesorado, en las cuales se ha buscado utilizar los enfoques que han sido exitosos con los alumnos (p.ej. Gunstone et al , 1993; Carnicer, 1998).

Pero también coincide con una de las críticas que Wideen, Mayer-Smith & Moon (1998), le hacen a la investigación que se ha producido hasta ahora sobre cómo se aprende a enseñar. Estos autores dicen que dentro de cualquier paradigma, la metodología (para investigar o para formar), debería ser consistente con los cánones de dicho paradigma. En otras palabras, que no podemos decir que estamos de acuerdo con una perspectiva constructivista para la enseñanza de las ciencias, si no formamos a nuestros estudiantes dentro de esta perspectiva.

Para entender cómo es este enfoque, en nuestra propuesta, comenzaremos por hacer una breve reseña histórica sobre la aparición de las tendencias constructivistas en el terreno de la enseñanza de las ciencias.

De acuerdo con las revisiones que han hecho autores como Sanmartí (1995); Gilbert (1999) o Rodríguez (1998), desde mediados de la década de los setenta, hubo una crisis en el mundo educativo de la enseñanza de las ciencias, a raíz de los resultados que arrojaba la evaluación de lo que habían aprendido los alumnos, a través de todos los proyectos que surgieron como alternativa a la enseñanza tradicional de corte transmisivo. Se trataba de proyectos centrados en enseñarle al alumno el método científico para que experimentando, descubriera el conocimiento (Millar & Driver, 1987). Estos proyectos eran herederos de las primeras propuestas alternativas a los modelos de transmisión, a las que se puede considerar constructivistas, por su fundamentación, principios y elementos (Karplus, 1967, 1978), pero que terminaron muy alejados de ellas porque los profesores que las implementaban hicieron su propia interpretación de las características de estas propuestas (Lawson, 1994).

Se encontró que los alumnos estaban más contentos porque estaban motivados, les agradaba hacer experimentos, pero no por eso habían aprendido más. Además, muchas de las ideas que hoy llamamos alternativas (porque no coinciden con las explicaciones científicas), no se habían modificado e incluso, muchas de ellas se habían reforzado. En resumen, todos aquellos proyectos que habían exigido una inversión de tiempo y esfuerzo tan grande, no habían mejorado el conocimiento en ciencia de los alumnos (Millar & Driver, 1987; Pozo & Gómez Crespo, 1998).

Se comenzaron entonces a elaborar nuevos currículos y surgieron otros proyectos que buscaban ver qué se debía hacer para conseguir que estas ideas que traen los estudiantes al aula de ciencias cambiasen, aproximándose más a las ideas de los científicos (Bybee & DeBoer, 1994; Sanmartí, 1995).

Hacia el año 1975, hizo su aparición el paradigma constructivista en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, como una respuesta a esta crisis (Bybee, 1993; Anderson & Mitchener, 1994; Rodríguez, 1998). Este paradigma se caracteriza por darle gran

importancia a la interpretación que los alumnos se han hecho del mundo en que viven, por buscar caminos para hacer evolucionar estas ideas y por intentar que los alumnos transformen sus concepciones iniciales o construyan otras nuevas y hagan suyas las explicaciones de los científicos (Driver & Oldham, 1986; Porlán, Cañal & García, 1988; Duit, 1993).

Desde entonces, el constructivismo ha sido un paradigma epistemológico que ha fundamentado numerosas investigaciones en enseñanza de las ciencias. Pfundt & Duit (1991), compilaron una bibliografía de más de 1100 estudios que tienen como marco teórico el constructivismo. Además de esto, es muy interesante notar cómo a lo largo de su historia, el constructivismo ha desembocado en distintas orientaciones, que de acuerdo con Rodríguez (1998), se pueden agrupar en dos: cognitivas y socio – culturales.

Nuestra propuesta se identifica con estas últimas, ya que buscamos que los futuros profesores aprendan sobre y con el constructivismo, pero desde un enfoque social. Para explicar esta idea, creemos que vale la pena comentar las características de cada orientación, con el objeto de ubicar adecuadamente nuestros puntos de vista sobre el constructivismo.

### **Orientaciones Constructivistas Cognitivas**

De acuerdo con Rodríguez (1998), muchos estudios sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, que aparecieron desde mediados de los setenta, parecen seguir una orientación constructivista (Pfundt & Duit, 1991). Más específicamente, estos estudios se han basado en una perspectiva constructivista *cognitiva* (von Glasersfeld, 1989; Tobin, 1993; Fensham, Gunstone & White, 1994) o en un enfoque *reflexivo colaborativo* (Erickson & MacKinnon, 1991; Schön, 1988, 1991) para la formación del profesorado.

El *constructivismo cognitivo* (Nuthall, 1995), que se ha identificado también con el *constructivismo individual o personal* (Cobern, 1993), con el *constructivismo radical* (von Glasersfeld, 1989), con el *constructivismo Piagetiano* (O'Loughlin, 1992) y con el *constructivismo psicológico* (Matthews, 1994), surgió como una teoría del aprendizaje originada en los trabajos de Piaget<sup>5</sup>. Básicamente, Piaget propuso que el aprendizaje de los niños es un proceso de construcción individual que surge como resultado de la interacción de cada persona con el mundo. Este enfoque ha tenido un enorme impacto sobre cómo debería ser la 'buena enseñanza'. El *constructivismo individual* por ejemplo, ilustra cómo el enfoque de transmisión del conocimiento, tradicional y centrado en el profesor (ampliamente usado todavía), resulta inadecuado para estimular el aprendizaje en el aula. Una de las razones que se aducen, es que través de numerosos estudios, se ha demostrado que los alumnos traen al aula, concepciones profundamente enraizadas, que juegan papeles críticos a la hora de que los alumnos adquieran y usen el nuevo conocimiento científico (p.ej. Driver et al, 1990).

Rodríguez (1998), sugiere que entre los modelos constructivistas cognitivos más conocidos están: la resolución de problemas, la persuasión del experto (Peterson &

---

<sup>5</sup> Los trabajos de Jean Piaget sobre el desarrollo psicobiológico, también han servido de fundamento psicológico a los modelos de enseñanza que se identifican con el descubrimiento.

Jungck, 1988), el modelo generativo de enseñanza de las ciencias (Osborne & Freyberg, 1991; Wittrock, 1994) y el modelo de cambio conceptual (Posner et al, 1982; Hewson & Hewson, 1988; Hewson et al, 1999a). Desde todos estos modelos, se han propuesto una serie de estrategias centradas en el alumno y dirigidas a indagar en sus concepciones alternativas. El interés por conocer estas ideas también tiene que ver con que los alumnos interpretan los nuevos conocimientos presentados en clase, de formas muy diferentes a las del profesor o del currículo, de manera que si el profesor sabe cómo piensan sus alumnos, le será más fácil entender el aprendizaje de las ciencias y contribuir con él (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996).

Del mismo modo, algunos investigadores se han dado a la tarea de incorporar actividades específicas, dirigidas a la formación de concepciones científicas ‘apropiadas’. Las más conocidas, corresponden con el modelo de *cambio conceptual* (Posner et al, 1982; Hewson & Hewson, 1987, 1988). Recordemos que para los autores de este modelo, es posible enseñar a los alumnos a usar sus concepciones previas, para decidir si una nueva concepción es inteligible (saber qué significa); plausible (creer que puede ser) y fructífera (pensar que es útil). Uno de los trabajos que ejemplifican el uso de este modelo con alumnos de primaria en clase de ciencias, es el de M. Beeth (1998). El enorme volumen de investigaciones que ha generado el modelo de cambio conceptual, ha hecho posible que el propio modelo evolucione. Entre todos los autores de este modelo, Hewson es quizá quien más ha estado pendiente de su desarrollo y hoy en día se observan muchas modificaciones sobre la idea original. Se habla de *cambio conceptual*, desde la ecología conceptual, que configura el contexto desde el cual un concepto adquiere cierto estatus (ver p.ej. Hewson et al, 1999).

En todo caso, el ‘conflicto’ parece seguir jugando un papel importante en muchas investigaciones relacionadas con el cambio conceptual. Hewson & Hewson (1987, 1988); Baird & Mitchell (1986) y Baird & Northfield (1992), sostienen que si hay conflicto entre las concepciones previas del alumno y las nuevas, entonces se han dado los pasos necesarios para ayudar al alumno a reestructurar sus concepciones.

Pero, ¿cual es el origen de ese conflicto? ¿El aprendizaje siempre es individual? ¿Qué papel juegan los entornos familiar, social y escolar?. Responder a preguntas como estas llevó a considerar que la construcción del conocimiento se veía fuertemente influenciada por el ambiente y la interacción con otras personas (Sanmartí, 1995; Rodríguez, 1998). De este modo, tomaron fuerza las orientaciones *constructivistas socioculturales*, dentro de las cuales se enmarca el modelo de formación inicial que forma parte de nuestra investigación.

### **Orientaciones Constructivistas Socioculturales**

Rodríguez (1998) explica que en años recientes, los enfoques constructivistas socioculturales han llegado a ser más atractivos para los profesores que se sienten ‘encerrados’ por el constructivismo individual. Las *orientaciones socioculturales*, no se adscriben necesariamente a la idea de que el aprendizaje tiene lugar a nivel individual, ni a que sólo ocurre en el medio social. Son orientaciones se alejan de estas dicotomías y *se enfocan en el lenguaje* (en cualquiera de sus formas) *como el instrumento mediador del conocimiento*.

Desde esta perspectiva, se asume que el conocimiento *socialmente construido* recibe influencias de contextos históricos, institucionales y culturales (Wertsch, 1993). Las orientaciones *constructivistas sociales*, se encuentran firmemente enraizadas en los trabajos del psicólogo L.S. Vygotski (1978) y del lingüista Bakhtin (1981), ambos de procedencia rusa.

El *constructivismo social* es una tendencia que desde hace algunos años, ha venido ganando atención en la enseñanza de las ciencias (Rodríguez, 1998). No obstante, su surgimiento parece haber creado cierta confusión entre los investigadores, ya que en la literatura se usan diferentes términos para mencionarlo. Por ejemplo, también se le conoce como *constructivismo contextual* (Cobern, 1993); *reconstruccionismo social* (Gergen, 1995) y *constructivismo sociológico* (Matthews, 1994).

En todo caso, para quienes están de acuerdo con esta orientación, *el aprendizaje se produce cuando la persona participa en un mundo socialmente construido*. Sus seguidores sostienen que conceptos tales como ‘colaboración’, ‘participación’ y ‘comunidad de práctica’, son claves para entender y promover el aprendizaje. Estos constructos están bien representados en la definición de Vygotski de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), que ha servido como fundamento a un buen número de estudios, y se define como: ‘la distancia entre el nivel de desarrollo efectivo del niño[...], determinado por la resolución independiente de un problema y el más alto nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de problemas con la guía de un adulto o en colaboración con compañeros más capaces’. (Wertsch, 1993, pg. 45).

Desde nuestro punto de vista, ese *mundo socialmente construido*, parece tener dos significados. Por una parte, es la comunidad dentro de la cual profesor y alumnos, y alumnos entre sí, se interrelacionan para *re – construir* el conocimiento científico y en el caso de los futuros profesores de ciencias, sería la comunidad dentro de la cual, la profesora – formadora y/o la tutora interaccionan con el estudiante para *re – construir* el conocimiento didáctico. Por otra, ese *mundo socialmente construido* es la realidad en la que nuestro estudiante como individuo se encuentra inmerso, es decir, que nuestra ‘realidad sobre la enseñanza de las ciencias’, nuestro ‘mundo’ se construyen de un modo social, a través del lenguaje.

En ese *mundo social* que es el aula de ciencias, el alumno y el profesor asumen un papel que es reconocido mutuamente, que suele permanecer inmodificable a lo largo de cada ciclo educativo y que está relacionado con la manera en que ambos conciben enseñar y aprender. Los expertos dicen que cuando hay algún cambio en estos roles, a cualquiera de las partes se le convierte la situación de aula en un contexto extraño. Por esa razón, construir los significados de estos nuevos roles, también es un asunto social que interesa en la formación inicial del profesorado.

La noción de aprendizaje y ZDP de Vygotski, ha dado origen a un modelo de enseñanza y aprendizaje llamado *aprendizaje cognitivo (cognitive apprenticeship)* (Brown, Collins & Duguid, 1989). Este modelo, que ha sido implementado en principio en la educación matemática, sugiere que el aprendizaje puede mejorarse si se guía al aprendiz a través de una serie de pasos, entre los que se incluyen el apoyo del profesor, la discusión con los compañeros de grupo y la reflexión por parte del alumno sobre sus estrategias de resolución de problemas (Brown et al, 1989). De este modo, el alumno junto con sus compañeros, entra a formar parte de una *comunidad de práctica*, dentro de la cual puede aprender. En la propuesta que hacemos para la formación inicial, la profesora formadora

invita a sus estudiantes a pertenecer a esa comunidad de práctica que se forma entre ellos y con las profesoras tutoras en los centros de práctica.

Aunque la noción de ZDP, no es uno de los fundamentos de nuestra propuesta, debemos admitir que desde la selección y secuenciación de los contenidos del curso de ‘Didáctica de las Ciencias’, pasando por la formulación de los objetivos a alcanzar (ver anexo # 4), hasta la concreción de la propuesta a través de las actividades de enseñanza – aprendizaje dirigidas a los estudiantes (ver anexo # 1), se pensaba en que la interacción social propiciara un nivel cada vez mayor, de desarrollo potencial del estudiante.

Esto se explica si tenemos en cuenta la idea del lingüista ruso Bakhtin, sobre la *multiplicidad de voces*. Este autor logró mostrar que el diálogo o la *multiplicidad de voces*, es necesaria en el discurso y en el pensamiento (Wertsch, 1993), para construir las ideas que tenemos sobre la realidad. Por esa razón, estamos de acuerdo con Bakhtin en que ‘*no existe una voz, aislada totalmente de otras voces*’, si estamos asumiendo que el mundo (la realidad del aula de ciencias) se construye socialmente.

La ‘voz’ representa lo que él llamó ‘*la consciencia hablante del individuo*’ (Bakhtin, 1981), lo cual significa que es la voz la que expone el pensamiento de una persona, la que nos dice, de qué tratan las ideas que se forman nuestros estudiantes, sobre la enseñanza de las ciencias. De ese modo, a nuestro entender, la consciencia de un estudiante, se puede poner en contacto con la consciencia de otros estudiantes y de sus profesoras formadora y tutora, para construir los conocimientos didácticos.

Consideramos que esta noción tiene implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje, porque de acuerdo a Bakhtin, cuando los individuos entran en diálogo o *conversación dialógica (reflexión dialógica - Copello, 1998)*, se escucha más que sus voces individuales, porque las voces de los hablantes están inmersas en contextos históricos, culturales e institucionales y pueden tener múltiples significados, lo cual, desde nuestro punto de vista, contribuye a enriquecer a las otras ‘voces’.

En nuestros estudios de caso por ejemplo, la *conversación dialógica* se pone en evidencia, cuando intentamos analizar qué es lo que hay en los diálogos de los estudiantes en sus grupos de trabajo, con su profesora – formadora, con su tutora y por supuesto, con la investigadora. En esta interacción social, es necesario no solamente entender las propias formas de hablar de los participantes de la conversación, sino entender cómo las diferentes voces de cada uno [o ‘consciencia hablante’, (Bakhtin, 1981)], refleja y responde a los diferentes contextos y experiencias que presentan las otras ‘voces’. En este sentido, el análisis de una conversación va mucho más allá de entender qué se dice, para entender las razones por las cuales el hablante escoge *decir lo que dice*, en un contexto particular.

En resumen, se puede decir que actualmente, las ideas que se promueven desde las orientaciones socio – constructivistas para la enseñanza de las ciencias, pero específicamente, desde una propuesta de formación inicial como la nuestra, están centradas en que:

- El conocimiento se construye socialmente y por tanto, la interacción social tiene gran importancia para favorecer el cambio de ideas o el aprendizaje de otras nuevas. Si en clase de didáctica de las ciencias, los estudiantes toman consciencia de que

aquello que ellos piensan, no es lo mismo que piensan todos, o que lo que es claro para alguno, no lo es para los demás, se está favoreciendo la posibilidad de dudar, de un modo distinto al de la influencia que suele ejercer la autoridad del profesor o el libro de texto (Gunstone et al, 1993; Sanmartí, 1995; Jorba & Sanmartí, 1996; Wideen, Mayer – Smith & Moon, 1998).

- El lenguaje es el instrumento de comunicación y de expresión, por excelencia. Cuando un estudiante se expresa a través de una idea que no es suficientemente clara, no necesariamente es porque le falten palabras para hacerlo, ni porque no la sepa expresar, sino porque la piensa así (Lemke, 1997).
- La ciencia tiene un lenguaje extraordinariamente rico y complejo, en el que se usan símbolos de toda especie. Aprender a enseñar ciencias significa entre otras cosas, apropiarse del significado de estos lenguajes simbólicos y saber interrelacionarlos (Hardy, 1994; Lemke, 1997). Si el futuro profesor no tiene en cuenta esto, la lectura que su alumno hará del discurso científico, le vendrá cargada de tal cantidad de significados implícitos que obstaculizarán su comprensión porque le aparecerán de forma ininteligible. El profesor no siempre es consciente de que esto es un problema para los alumnos, ya que él/ella, al ser ‘experto’ en el manejo de dicho lenguaje, pierde de vista la dificultad comunicativa del ‘novato’, el alumno que por primera vez lo enfrenta sin las herramientas necesarias. Por tanto, el futuro profesor deberá entender que aprender ciencias, no es sólo aprender conceptos, sino aprender el lenguaje de la ciencia y la manera adecuada de usarlo, para expresarse con sentido (Izquierdo et al, 1999).
- Si el estudiante no aprende a reconocer que sus ideas son diferentes de las que le presenta el profesor-formador o sus compañeros y no sabe valorarlas, difícilmente aprenderá a enseñar, ya que si no toma de consciencia de que pueden existir modelos de enseñanza diferentes al suyo, para él/ella no cabe aprender nada (Izquierdo et al, 1999) sobre la enseñanza de las ciencias. Esta es una de las implicaciones del aprender a reflexionar sobre qué y cómo enseñar ciencias.

Pero aprender a ver la enseñanza de las ciencias desde un enfoque como este, de construcción social del conocimiento, no es sencillo. Rodríguez (1998) ha encontrado en sus estudios, que puede haber indiferencia por parte de los futuros profesores de ciencias, hacia una modelo de enseñanza y aprendizaje innovador, colaborativo, constructivista, inclusivo o intelectualmente estimulante, si ellos sienten que no tienen la confianza y el apoyo requerido para tomar riesgos durante sus prácticas, al hacer ‘algo diferente a lo habitual’. En consecuencia, son profesores que suelen caer de nuevo sobre estilos de enseñanza tradicionales, pero seguros para ellos (Rodríguez, 1993, 1994, 1995; Erickson, et al, 1994).

Estos resultados apoyan la idea de que algunos profesores en formación inicial se resisten a enseñar en formas diferentes a las que ya conocen, generalmente centradas en el profesor y a las que ya están acostumbrados por su experiencia como alumnos. Las publicaciones sobre socialización del profesor (Zeichner & Gore, 1990) y sobre aprender a enseñar (Kagan, 1992) también apoyan esta conclusión. La resistencia a lo que estos autores llaman el *cambio pedagógico* puede deberse a muchos factores. Entre ellos, está la necesidad percibida por los estudiantes de ‘jugar el juego’ (enseñar como les dicen que lo hagan sus profesores formadores o tutores) y completar exitosamente su

práctica. Esta resistencia también puede implicar el compromiso con una serie de estrategias de supervivencia, en un esfuerzo para manejar los dilemas y las situaciones contradictorias que los futuros profesores encuentran entre lo que los profesores de la universidad esperan de ellos y lo que sus tutores les demandan (Rodríguez, 1998).

Nosotras pensamos que además de estos grandes obstáculos, están los que se generan por la naturaleza de las relaciones que los futuros profesores establecen entre sus concepciones de ciencia, de enseñanza, de aprendizaje y de evaluación, es decir, aquellas que para esta investigación, le dan forma a su modelo de enseñanza (Zimmermann, 2000; Estany & Izquierdo, 2001). Como lo han venido planteando autores como Hewson & Hewson (1989); Tobin & Espinet (1989); Furió & Gil (1989); Cronin – Jones (1991); Briscoe (1993); Guntone et al (1993); Gil & Guzmán (1993) y Mellado (1996) – entre muchos otros -, se trata de concepciones que el futuro profesor ha venido elaborando a lo largo de su vida de alumno y que las asume como ‘normales’, sin plantearse cuestionarlas porque da por hecho que así es la ciencia y que ese es el modo de enseñarla, de aprenderla y de evaluarla.

Los fuertes lazos que relacionan estas concepciones, se convierten en el piso sobre el que el estudiante se apoya para pensar la enseñanza de las ciencias. Pedirle al futuro profesor que la vea de otro modo, significa decirle o que rompa esas relaciones para elaborar otras nuevas, o que les asigne otro lugar (*integración jerárquica*, Pozo, 1998, 1999b) y que cree / invente las nuevas y en cualquiera de los dos casos, esto demanda un enorme esfuerzo afectivo y cognitivo, ya que se queda sin ese piso que le ofrecía estabilidad y seguridad. Pensamos que aprender a ver la enseñanza de las ciencias desde otro punto de vista, demanda un proceso metacognitivo de parte del futuro profesor.

Por esa razón, creemos que una propuesta de formación inicial, debe darle al futuro profesor de ciencias, la oportunidad de arriesgarse a alejarse de esas antiguas relaciones para abrir espacio a las nuevas, en un ambiente que le haga más fácil ese esfuerzo. Es también en este sentido, que nuestra propuesta se afianza en un enfoque socio – constructivista, porque ‘las consciencias’ de los otros futuros profesores, expresadas a través de sus ‘voces’ le ayudan a cada estudiante a ver que no es el único al que le cuesta tanto esfuerzo ver la enseñanza de otra manera y a ver que hablando con los demás, las nuevas ideas adquieren forma.

La conversación dialógica (Bakhtin, 1981) entre los mismos estudiantes y con sus profesoras formadora y tutora (coevaluación), aportan elementos de gran riqueza y variedad para que el futuro profesor entre en un proceso de autoevaluación de los puntos de vista que mantiene sobre los fundamentos, los principios didácticos y los elementos que hacen parte de su modelo de enseñanza. Esto implica que desde el modelo de formación inicial que proponemos, la evaluación va mucho más allá de su carácter sumativo y de la función social de informar sobre el rendimiento del estudiante. ¿Cuál es el ‘nuevo’ papel que juega la evaluación en este modelo?. Este será el tema de nuestro siguiente apartado.

### 2.3. Funciones de la Evaluación en el Modelo Constructivista para la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias. La Evaluación como Regulación de los Aprendizajes

De acuerdo con Jorba & Sanmartí (1996) y con Sanmartí (1995), respondernos a preguntas como: ¿Qué evaluar? ¿Cómo hacerlo? ¿Cuándo? ó ¿Por qué?, comporta tener presentes varios aspectos. Por una parte, recoger información que puede estar o no, formalizada a través de instrumentos; por otra, analizar la información recogida y emitir un juicio y finalmente, tomar decisiones de acuerdo con el juicio emitido. Estas decisiones pueden tener una doble vertiente, que hace referencia a dos funciones muy importantes de la evaluación (Sanmartí & García, 1999).

Una de estas funciones es la social, que tiene como finalidad clasificar, seleccionar y orientar al alumnado y otra función (que es la gran olvidada), es la de tipo pedagógico, cuyo objetivo es el de regular el proceso de enseñanza – aprendizaje para que el alumno aprenda. Mientras que desde los enfoques tradicionales, solamente se ha dado importancia a la función social de la evaluación, desde los constructivistas, se enfatiza su función pedagógica. Esta visión de la evaluación, que hemos adoptado de las ideas de Jorba & Sanmartí (1996) y de Black (2001), es la que presentamos a continuación.

En la formación inicial del profesorado, la evaluación ha tenido una función principal, de carácter social mediante la cual el profesor-formador da un informe de los progresos del estudiante, a él mismo y a la universidad, generalmente al final de la etapa de formación. La evaluación sirve además para seleccionar y clasificar estudiantes. También, determina si el alumno es merecedor del Certificado de Aptitud Pedagógica o del título que la sociedad exige al finalizar dicha etapa, para acceder al ejercicio de sus funciones como profesor/a de enseñanza secundaria. Esta evaluación sería de tipo **sumativo**<sup>6</sup>.

Esta es la concepción de evaluación que tiene la mayoría de nuestros futuros profesores, y la influencia sobre su modelo de enseñanza es tal, que se convierte en uno de los grandes obstáculos a superar, por el sentido de *validez* que le dan exclusivamente a *la escala* que mide cuanto ha aprendido un alumno o cuanto han aprendido ellos mismos. Para los futuros profesores, los demás tipos de evaluación pasan a ocupar lugares secundarios o los ven como ‘modos de hacer una clase dinámica’.

Si esta función es tan importante para los profesores y por supuesto para el alumno y para la sociedad en general, interesa que el futuro profesor aprenda a elaborar instrumentos confiables para evaluar al alumno. Pero no solamente debe atender a las exigencias del sistema escolar para aprobarlo o desaprobarlo. La evaluación sumativa también es **formativa** si se usa para reconocer los conocimientos que el alumno ha construido y que serán la base de nuevos aprendizajes o para identificar los que habría que modificar (Sanmartí & García, 1999). Sobre este tipo de evaluación, volveremos más adelante.

---

<sup>6</sup> En investigaciones como la de Bell & Cowie (2001), la evaluación sumativa es uno de los propósitos de la evaluación formativa, que se aplica a todos los contextos susceptibles de ser evaluados, en la escuela. En nuestro estudio, limitaremos este concepto a la evaluación del proceso enseñanza – aprendizaje.

Si el objetivo de la evaluación, es determinar el estado de los conocimientos del estudiante sobre la enseñanza de las ciencias, se habla de una **evaluación diagnóstica**, que se aplica al comenzar el proceso de enseñanza – aprendizaje, habitualmente al comenzar cada unidad didáctica. Por esta razón, también se le conoce como **evaluación inicial** y se lleva a cabo con el fin de acondicionar las actividades a las necesidades de los estudiantes.

Fraise (1991), hizo una distinción para la evaluación inicial: Dice que cuando esta evaluación aporta información de un grupo de alumnos se le denomina **prognosis** y si corresponde a un alumno en especial, se le llama **diagnosis**.

Luego, durante el proceso enseñanza - aprendizaje, el profesor-formador pone en juego distintas estrategias para que su acción sea dinámica y evolucione de acuerdo con los éxitos y las dificultades de sus estudiantes al aprender a enseñar con un nuevo modelo de enseñanza, por eso en esta etapa, la evaluación es **formadora** (para ambos) y tiene carácter **regulador** (para el estudiante).

De acuerdo con Jorba & Sanmartí (1996), el concepto de “Evaluación Formadora” tiene sus raíces en el de “Evaluación Formativa” propuesto por Michael Scriven en 1967, para referirse a los mecanismos que utiliza el profesor con el fin de adaptarse a las necesidades y desarrollos de sus alumnos. Posteriormente, investigadores como J.J. Bonniol y G. Nunziati trabajaron sobre cómo influía este tipo de evaluación en la superación de las dificultades por parte de los alumnos. Así, el concepto de evaluación formativa se fue enriqueciendo con nuevos elementos teóricos, entre los cuales se destaca el de **autoevaluación**.

G. Scallon (citado por Jorba & Sanmartí, 1996), sugirió en 1982, el término “formadora” para diferenciar la evaluación formativa, del trabajo realizado en Francia (Bonniol y Nunziati, 1974 - 1977), pues éste último, incorporaba un dispositivo pedagógico que contemplaba la regulación de aprendizajes por parte del alumno y además, porque en ese trabajo, se entendía *la autoevaluación como una competencia primordial a construir*, lo cual también es parte de nuestra propuesta de formación de profesores metacognitivos. Según estos autores, la autoevaluación viene a ser la meta en el desarrollo de la capacidad de evaluar. Decimos esto porque es raro que un estudiante se autoevalúe de manera ‘innata’. Es algo que hay que aprender a hacer y creemos que su aprendizaje comienza con la evaluación que tiene lugar en la interacción social.

En síntesis, hay tres tipos de evaluación, dependiendo del momento del proceso de enseñanza – aprendizaje, en el que se lleven a cabo:

- **Inicial o Diagnóstica**, al comienzo del proceso de enseñanza – aprendizaje. Su función es informar al profesor-formador y al estudiante, sobre cuáles son los conocimientos de este último sobre determinados contenidos.
- **Formativa / Formadora**, durante el proceso de enseñanza – aprendizaje. Ambas tienen función reguladora, porque aportan información sobre el desarrollo del aprendizaje, lo cual permite hacer ajustes oportunos en la enseñanza de los conocimientos didácticos. Si la función reguladora es solamente responsabilidad del profesor-formador, se llama formativa, pero si eventualmente, el mismo estudiante puede hacerse cargo de regularse, se llama formadora.
- **Sumativa**: Tiene lugar al finalizar una etapa del proceso enseñanza – aprendizaje. Su función es la tradicionalmente conocida, de informar al mismo estudiante, a la

universidad y a la sociedad, sobre qué tanto aprendió durante su curso de formación inicial. En otras palabras, es la evaluación que sirve para aprobar o desaprobar.

Estamos de acuerdo con Allal (1988, 1991); Paquay et al. (1990); Jorba & Sanmartí (1996) y Black (2001), en que la evaluación formadora juega un papel esencial en las actividades de enseñanza – aprendizaje. Hemos aprovechado este aspecto para mostrar cómo cambian las características de las actividades de enseñanza – aprendizaje, dependiendo de esta nueva visión de la evaluación. Algunas tienen lugar dentro de un grupo de trabajo, con el cual se pretende que los estudiantes compartan sus ideas y las contrasten con las de sus compañeros. En ese proceso ocurre la **evaluación mutua**, ya que los miembros del grupo entran en una dinámica de argumentar a favor o en contra de una idea o de pedir aclaraciones, de manera que se crea un clima de crítica que favorece el aprendizaje del nuevo modelo de enseñanza.

También hay actividades en las cuales la evaluación se hace entre la profesora – formadora y estudiante(s). A este tipo de evaluación se le denomina **coevaluación** y consiste en que la profesora – formadora (o la tutora), lejos de ser un juez que decide si la actividad realizada por el alumno está bien o mal, se convierte en un guía que le orienta con preguntas y comentarios, para que el estudiante (o el grupo), se apropie del control de su propio aprendizaje, pidiéndole que contraste el objetivo de la actividad, con su diseño o con los resultados a obtener. Esta dinámica es distinta a la de la evaluación mutua, porque los compañeros de grupo, al ser ‘novatos’ como el estudiante en lo que se refiere a los contenidos que están aprendiendo, no siempre pueden ayudarle a su compañero/a, a tomar las decisiones más adecuadas respecto a la actividad que se está evaluando. De ahí la importancia de alternar evaluación mutua, con coevaluación.

Según Allal (1988, 1991); Paquay et al. (1990); Jorba & Sanmartí (1996) y Black (2001), al hacer esto, los procedimientos de evaluación proveen un feed-back orientado a asistir a los estudiantes en la elaboración de juicios (criterios) acerca del éxito en la realización de una actividad. Una vez que el estudiante llega a regular sus propios aprendizajes, se sitúa en el lugar de su propio evaluador. De este modo, la **autoevaluación** se convierte en una necesidad y un requerimiento para mejorar la calidad de sus aprendizajes.

Respecto a los instrumentos diseñados para evaluar, Jorba & Sanmartí (1996) aclaran que un mismo instrumento puede utilizarse en distintos momentos del proceso enseñanza-aprendizaje, sólo que la información recogida condiciona las decisiones que el profesor-formador y el estudiante puedan tomar. Por ejemplo, el instrumento de evaluación inicial puede utilizarse al final de la secuencia de aprendizaje, para hacer la evaluación sumativa. La información obtenida en el primer caso, se usa para adecuar las actividades a las necesidades del alumno, pero en el segundo, sirve para decidir sobre el dominio que este ha adquirido frente a ese mismo conocimiento.

Para Jorba & Sanmartí (1996), una concepción más amplia de la evaluación e integrada con el proceso enseñanza-aprendizaje, establece claramente que la evaluación tiene un carácter *continuo*, es decir, que está presente a lo largo de todo el proceso de enseñanza – aprendizaje y no solamente en un momento específico. Así entonces, la evaluación le va aportando información a la profesora - formadora y al estudiante, para que la primera vaya ajustando sus estrategias de enseñanza a las condiciones de aprendizaje del segundo y a éste, le permite darse cuenta de cómo es su modelo de enseñanza, qué lo

diferencia del que se le propone y por qué este último resulta más adecuado para las condiciones curriculares actuales. Esta es la función *reguladora* de la evaluación, propia del modelo constructivista que forma parte de nuestra investigación. Pero, ¿en qué consiste la *regulación*?

Estamos de acuerdo con Jorba & Sanmartí (1996), en que la evaluación también cumple una *función pedagógica de regulación* de los aprendizajes, presente a lo largo del proceso de enseñanza – aprendizaje. Estos autores, definen esta función como una *regulación continua de aprendizajes*, por las siguientes razones:

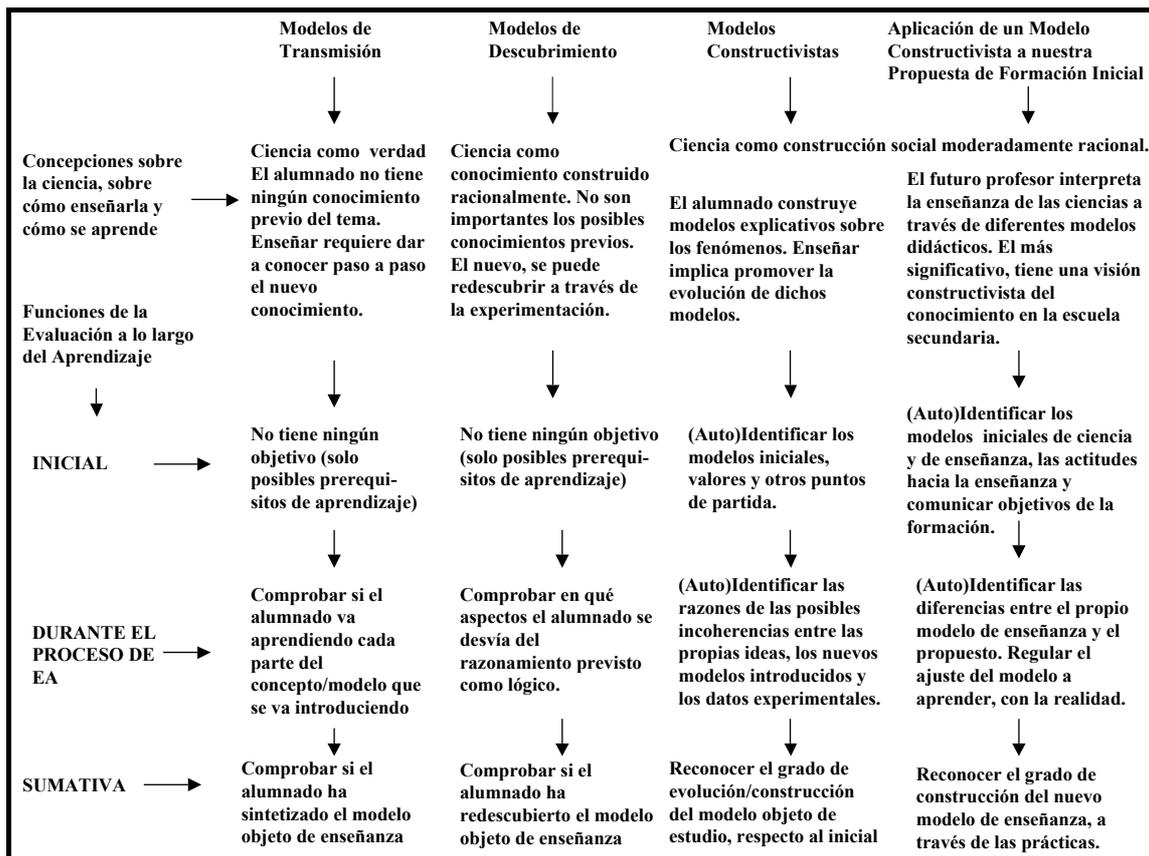
*Regulación en el sentido de adecuación de los procedimientos utilizados por el profesorado a las necesidades y dificultades que el alumnado encuentra en su proceso de aprendizaje, pero también de autorregulación de este proceso por el propio estudiante con el objetivo de que, poco a poco, vaya construyendo un sistema personal para aprender y lo mejore progresivamente. Continua porque esta regulación no es un momento específico de la acción pedagógica, sino que debe ser uno de sus componentes permanentes.* (Jorba & Sanmartí, 1996. pg. 16).

Esta definición nos recuerda las características de la evaluación *formadora*, ya que su función es aportarle información a la profesora - formadora y al estudiante, sobre cómo va el proceso de aprendizaje de ese nuevo modelo de enseñanza de las ciencias. Así también, recordemos que la meta de la evaluación formadora es la autoevaluación, una capacidad difícil de desarrollar, pero de extrema importancia, ya que cuando un profesor es capaz de evaluarse a sí mismo, a sus propias actividades y sabe reconocer en qué acertó con ellas, en qué falló y cómo puede corregirse para tener más éxito con el aprendizaje de sus alumnos, se está *autorregulando*.

Hay que tener en cuenta que para que el futuro profesor llegue a la autorregulación de sus aprendizajes, en principio la regulación es responsabilidad del profesor - formador por eso, estos autores afirman que la evaluación empieza siendo formativa. No obstante, reconocen que la evaluación formativa tiene dos inconvenientes. En primer lugar, es una responsabilidad demasiado grande y agotadora, para que se mantenga en manos exclusivas del profesor – formador y en segundo lugar, de mantenerse así, el estudiante no aprendería a autorregularse.

Por esa razón, como formadores de profesores (Sanmartí, 1995), sugieren que el profesor-formador aprenda a organizar su aula de didáctica de las ciencias, de modo de empiece a dejar la responsabilidad de la regulación en los estudiantes. Esto significa, aprovechar los grupos de trabajo para que los estudiantes se *evalúen mutuamente* a partir de unos criterios previamente negociados y habiendo compartido con ellos, los objetivos a alcanzar. De ese modo, el profesor – formador puede dedicarse a atender las dificultades específicas que van surgiendo, interactuando con sus estudiantes (*coevaluación*), hasta que finalmente, ellos puedan *autoevaluarse*.

El cuadro # 2, tomado de Sanmartí & García (1999, pg. 274) y adaptado a nuestra propuesta de formación inicial, hace una síntesis de las funciones de evaluación desde los diferentes modelos de enseñanza. Su revisión, permitirá tener un panorama mucho más ágil y claro de las ideas que hemos expuesto a lo largo del capítulo.



**Cuadro # 2. Contrastación de las Funciones de la Evaluación entre los Modelos de Enseñanza por Transmisión, por Descubrimiento y Constructivistas, incluida nuestra Propuesta de Formación Inicial. (De acuerdo con Sanmartí & García (1999, pg. 274)**

La evaluación como regulación de aprendizajes se entiende en este estudio, como un proceso que se apoya en la interacción social y que va incorporado al de enseñar y aprender. De hecho, a no ser que se trate de una actividad de exploración o de aplicación del nuevo conocimiento, lo cierto es que desde la perspectiva constructivista del modelo de formación inicial que se propone en este estudio, muchas veces es difícil discriminar si una actividad es de enseñanza – aprendizaje, o es de evaluación. Por esa razón, hemos optado por analizar las actividades propuestas por nuestras estudiantes, como *actividades de enseñanza – aprendizaje – evaluación*.

Desde la década de los ochenta, algunos investigadores como Aguilà, Gil & González (1986) han venido llamando la atención sobre la evaluación. Ellos sostienen que poco importan las innovaciones que se introduzcan en el aula de ciencias, si la evaluación sigue significando exclusivamente la constatación de qué tanto sabe un alumno después de un periodo de enseñanza.

Por su parte, Linn (1987) decía que no se puede considerar que una innovación se ha consolidado, si no se dan las transformaciones correspondientes en la evaluación y Gil (1992, 1993), subrayaba que *‘la evaluación es una pieza olvidada en la renovación de la enseñanza de las ciencias’*, que es el aspecto más débil del proceso de enseñanza – aprendizaje y sobre todo, que es donde se muestra con mayor claridad la enorme influencia de las ideas del profesor, que obstaculizan el éxito de una innovación.

Pero propiciar oportunidades para que los futuros profesores se cuestionen sobre lo que les significa la evaluación y aprendan a ver cuales son las nuevas funciones que cumple, como parte inseparable de las concepciones de enseñar y aprender, no es una tarea fácil. Es una tarea que pasa por poner al futuro profesor en situación de cuestionar sus propias ideas respecto a las funciones que cumple la evaluación en el proceso de enseñanza – aprendizaje de las ciencias, es decir, es una tarea que se realiza desde la complejidad del modelo de enseñanza.

Una de las principales razones por las cuales en este estudio nos interesa contrastar las verbalizaciones de las estudiantes con sus actuaciones, es que muchas veces, estas no coinciden entre sí, cuando realizan sus actividades de enseñanza. De acuerdo con Zimmermann (2000), las explicaciones que un profesor da sobre su actuación en el aula, así como las actividades de enseñanza que realiza, traen *implícitos* sus modelos de ciencia, de enseñanza y de aprendizaje. En ese sentido, si las futuras profesoras que hicieron parte de nuestro estudio, hablaban (por ejemplo) sobre la función reguladora de la evaluación y consecuentemente con ella, diseñaban y aplicaban actividades en las que era evidente dicha función, podíamos decir que su modelo era constructivista.

En el siguiente apartado, presentaremos cómo se entienden en este estudio, lo que son las actividades de enseñanza – aprendizaje – evaluación para la formación inicial y su relación dentro de un ciclo de aprendizaje que incorpora la regulación y la autorregulación de los aprendizajes.

#### **2.4. Las Actividades de Enseñanza – Aprendizaje – Evaluación y el Ciclo de Aprendizaje**

Al igual que hemos hecho con las ideas expuestas en el apartado anterior sobre evaluación, en este haremos una lectura de las ideas que autores como Sanmartí y Cañal presentan, en torno a lo que son las actividades de enseñanza – aprendizaje, vistas a través de las necesidades a atender durante la formación inicial del profesorado.

De acuerdo con Sanmartí (1995), “[...] *las actividades didácticas son el conjunto de acciones que se llevan a cabo en el marco escolar, con la finalidad de promover el aprendizaje del alumnado*” (Proyecto Docente e Investigador, pg. 165). Así entonces, las actividades que promovemos para la formación inicial de nuestros estudiantes, tienen lugar en el contexto de la educación universitaria propia de un curso de ‘Didáctica de las Ciencias’, dirigido a futuros profesores de Ciencias para la secundaria, con la finalidad de que aprendan a enseñar ciencias a través de un modelo constructivista.

Siguiendo las ideas de González (1995), consideramos que las actividades son elementos clave de la práctica de formar profesores de ciencias, ya que a través de ellas, la profesora - formadora explicita sus concepciones sobre la formación inicial, sobre las concepciones de ciencia, de enseñanza, de aprendizaje y de evaluación que busca promover en el aprendizaje de sus estudiantes, las relaciones que establece con ellos, sus actuaciones en concreto, la organización de los estudiantes, la administración del tiempo y los recursos, los contenidos didácticos a enseñar, así como el curso de acción a seguir.

Desde este punto de vista, el análisis de las actividades de enseñanza, aprendizaje y evaluación, pone en evidencia los principios y elementos del modelo didáctico (ver capítulo uno), que maneja el profesor (Zimmermann, 2000), en este caso la profesora – formadora. Partimos del supuesto de que los futuros profesores tienden a imitar las prácticas de enseñanza de sus profesores. En consecuencia, la actuación de la profesora formadora, las actividades de enseñanza – aprendizaje – evaluación, que pone en marcha, tienen que ser coherentes y consistentes con el modelo de enseñanza que pretende que aprendan sus estudiantes (Wideen, Mayer-Smith & Moon, 1998).

Este planteamiento nos indica que no hay *un método* único para enseñar. Creemos que ni siquiera *hay métodos* para abordar la enseñanza de ciertos contenidos. Lo que hay son *estrategias de enseñanza*, que se concretan en *actividades de enseñanza* (Campanario & Moya, 1999), a través de las cuales se maneja la información que relaciona el cómo se enseña y el cómo se aprende, teniendo en cuenta unas metas implícitas o explícitas (García & Cañal, 1995).

Haciendo un paralelo con las ideas de Sánchez & Valcárcel (1993), la profesora - formadora transmite a sus estudiantes una imagen de ciencia y del proceso de enseñanza – aprendizaje, que ellos aprenderán y utilizarán para solucionar sus problemas de enseñanza, ya sea dentro de las clases del curso de didáctica o en sus prácticas. Ellos se orientan por una concepción implícita o explícita de que así, pueden aprobar. Esto supone un reto difícil de abordar en el corto tiempo que dura la formación inicial: ‘aprobar’ tiene que llegar a significar para los futuros profesores, aprender a ver la enseñanza de las ciencias, desde una perspectiva muy diferente a la que ellos/ellas conocen por su vida de alumnos. Pensamos que es posible abordar el reto, si la profesora - formadora y los estudiantes llegan a compartir objetivos muy próximos y si la evaluación pasa de ser una actividad de certificación, a ser una actividad de regulación de los aprendizajes.

Al igual que Sanmartí (1995), pensamos que las actividades de aprendizaje son dispositivos pedagógicos que en nuestra propuesta de formación, se constituyen en los mecanismos a través de los cuales la profesora - formadora intenta que sus estudiantes construyan los nuevos conocimientos sobre la enseñanza de las ciencias.

Esta autora, está de acuerdo con Cañal et al (1993), en que las actividades de enseñanza – aprendizaje, se pueden definir como *procesos de flujo y tratamiento de información (orientados, interactivos y organizados), característicos del sistema – aula*. Siguiendo sus ideas, explicaremos a continuación cómo se entienden las actividades de enseñanza – aprendizaje, en esta investigación.

- ***Las actividades de enseñanza – aprendizaje como procesos de flujo y tratamiento de información:*** Las actividades de enseñanza – aprendizaje en el modelo socio – constructivista que proponemos para la formación inicial, tienen una función básicamente comunicativa, en la que la profesora - formadora pone en contacto al estudiante, con el modelo didáctico que espera que aprenda. A través de las actividades no solamente circula la información correspondiente a los contenidos didácticos que son objeto de enseñanza y de aprendizaje. Por una parte, también hay una negociación de los objetivos a alcanzar (Nunziati, 1990; Sanmartí, 1995), ya que habitualmente los objetivos de la profesora – formadora (que los futuros profesores aprendan a enseñar ciencias desde un modelo de enseñanza

constructivista), no siempre coinciden con los del estudiante (obtener el Certificado de Aptitud Pedagógica). Por otra parte, hay un intercambio de creencias, valores, sentimientos, comportamientos, etc., que también hacen parte del ‘contrato didáctico’ (Brousseau, 1984). Este contrato, suele ser diferente con cada grupo – clase (tengamos en cuenta, que no tenemos dos clases iguales). El dispositivo a través del cual circula y se intercambia la información, es el de la evaluación, por esa razón, desde la planificación de las actividades, es necesario reflexionar y tomar decisiones sobre el qué, cómo y cuando (Sánchez & Valcárcel, 1993) y para qué evaluar (Jorba & Sanmartí, 1996; Gil & Guzmán, 1993).

- ***Las actividades de enseñanza – aprendizaje como procesos orientados:*** Las actividades de enseñanza – aprendizaje buscan responder a unas finalidades de formación inicial, que más directamente, responden a los puntos de vista de la profesora - formadora (muchas veces implícitos), pero que en última instancia deben corresponder con aquellas que se proponen desde el programa de formación (explícitas). Es ideal que ambas finalidades (las del profesor y las del programa de formación) coincidan y a su vez, que los estudiantes las conozcan y compartan (Nunziati, 1990; Jorba & Sanmartí, 1996). En este mismo sentido, se insiste en que nuestros futuros profesores entienda lo que significa comunicar los objetivos de aprendizajes a sus alumnos.
- ***Las actividades de enseñanza – aprendizaje como procesos interactivos:*** Si tenemos presente que las actividades de enseñanza – aprendizaje, tienen un carácter eminentemente comunicativo, la interacción es el componente que mejor las define y que tiene lugar entre los miembros de la relación pedagógica (profesora formadora - estudiante y entre estudiantes). Ambos negocian y acuerdan (no siempre de un modo explícito), muchos de los elementos de la actividad o del entorno en el que tiene lugar, incluyendo los objetivos de hacerla, los conocimientos necesarios para realizarla o la discusión que se tiene que dar para contrastar y/o poner en evidencia algún aspecto del modelo personal de la enseñanza, o del que se está aprendiendo.
- ***Las actividades de enseñanza – aprendizaje como procesos organizados:*** las actividades de enseñanza – aprendizaje responden a una estructura que no sólo les da forma y orden, sino que les imprime una identidad didáctica, coherente con los puntos de vista de quien las diseña y aplica. Esta identidad didáctica no es otra cosa, que el modo que la profesora - formadora tiene de entender la enseñanza de las ciencias, la forma de presentarles los contenidos a sus estudiantes y las ideas que tiene respecto a cómo ellos/ellas aprenden a enseñar ciencias. En otras palabras, estamos diciendo que la profesora - formadora diseña y aplica sus actividades de enseñanza – aprendizaje, desde el modelo didáctico que maneja para la formación inicial, que es muy consistente con aquel que pretende que los estudiantes aprendan (Wideen, Meyer-Smith & Moon, 1998). Volviendo al supuesto de que los futuros profesores emulan el ‘saber – hacer’ de sus formadores, se justifican por qué, en esta investigación, pensamos que es muy importante analizar las actividades diseñadas por nuestras estudiantes para sus alumnos.
- ***Las actividades de enseñanza – aprendizaje como procesos característicos del sistema – aula:*** Las actividades de enseñanza – aprendizaje se llevan a cabo en el entorno del aula, en el marco de un sistema académico universitario y tienen una finalidad dentro del modelo de enseñanza. Por eso, son tan especiales y se

distinguen de otro tipo de actividades como las que se llevan a cabo en familia o en otro contexto social.

A pesar del esmero que se ponga en diseñar y aplicar actividades de e-a-e, que atiendan a las necesidades de nuestros futuros profesores, sabemos que al igual que pasa con los alumnos, por muy 'buena' que sea la actividad, siempre tendremos estudiantes que no aprenden (Sanmartí, 1995).

En los modelos constructivistas, ya sean para los alumnos de educación básica o para los futuros profesores, plantear actividades de enseñanza – aprendizaje - evaluación, es mucho más complejo de lo que es desde los modelos tradicionales, porque se asume que el estudiante tiene ideas sobre los fenómenos, que forman parte de su propio modelo explicativo, las cuales interaccionarán con los nuevos conocimientos. Como producto de dicha interacción, el alumno puede aprender algo nuevo, o puede seguir interpretando el fenómeno con sus propias ideas.

Teniendo en cuenta cómo puede ocurrir el aprendizaje de los alumnos desde un enfoque de construcción del conocimiento, se plantea un *ciclo de aprendizaje*, una estructura organizativa de la enseñanza, que parece tener su origen en las ideas del físico Robert Karplus, para el proyecto *Science Curriculum Improvement Study* (SCIS), de la Universidad de California en Berkeley. La identificación de las fases de *exploración, introducción de conocimientos y aplicación*, aparecen en los primeros trabajos sobre el SCIS, a finales de los años cincuenta y comienzos de la década de los sesenta (Lawson, 1994).

De acuerdo con Lawson (1994) y con Settlage (2000), el término *ciclo de aprendizaje*, apareció por primera vez en 1970, en la guía del profesor de las unidades del programa SCIS, asociado a los términos *exploración preliminar, invención y descubrimiento*. Pero hacia 1976, se puso en evidencia que muchos profesores no entendían el significado de esos términos en el contexto de la clase.

Esto condujo a que en 1977, Karplus cambiara los nombres de las fases del ciclo de aprendizaje por *exploración, introducción de conceptos y aplicación*. Esta decisión, obedece a que desde su punto de vista, los nombres de las fases del ciclo de aprendizaje, deberían tener significado para el profesor y en esta investigación estamos absolutamente de acuerdo con ello. Pero vale la pena aclarar que en nuestros estudios de caso, hemos encontrado que a pesar de que las fases del ciclo tengan nombres sugerentes, esto no es suficiente para que el profesor entienda de qué se tratan. Es necesario que construya su significado, ya que el futuro profesor tiende asignarle a cada fase del ciclo, un significado desde su modelo de enseñanza, lo cual contribuye entre otras cosas, a que los cambios en las estrategias de enseñanza terminen siendo más bien superficiales (como lo veremos claramente en el caso de Alicia).

En la propuesta de un ciclo de aprendizaje, se asume que el proceso de construcción da como resultado, el cambio o adquisición del conocimiento declarativo y del conocimiento procedimental (Lawson, 1994). El conocimiento declarativo tiene que ver con los sistemas conceptuales que maneja la persona, los cuales se caracterizan por tener diferentes niveles de complejidad y de abstracción, de acuerdo con los estudios de Ausubel, Novak & Hanesian (1978), por ejemplo. En nuestra propuesta, el

conocimiento declarativo corresponde con los contenidos a aprender sobre los modelos de enseñanza de las ciencias.

Desde los estudios sobre metacognición y desde una postura socio – constructivista, hemos planteado nuestro acuerdo con la idea de que el conocimiento de los procedimientos implicados en la construcción de ese saber, se desarrollan cuando la interacción con otros, hace que la misma persona reflexione sobre la suficiencia de sus conocimientos. En este sentido, a través del lenguaje, se hace posible que el futuro profesor desarrolle y exprese significados consensuados sobre los modelos de enseñanza.

Esta idea, se fundamenta en los puntos de vista de Bakhtin (1981) y Wertsch (1993), para quienes el lenguaje es el medio por cual se guía la persona a través del aprendizaje de conocimientos nuevos que puedan ser aplicados a situaciones diferentes. Entonces, ¿cómo formar a un futuro profesor de ciencias de secundaria, para que construya y retenga el conocimiento didáctico (declarativo y procedimental) que le será útil tanto para enfrentarse a un nuevo modo de entender la enseñanza de las ciencias, - al menos - durante el tiempo que dura su formación inicial?

Esta respuesta se encuentra en las reflexiones en torno a cómo puede aprender a enseñar el futuro profesor. Hoy en día hay un amplio consenso respecto a que en los diferentes modelos constructivistas, se pueden identificar distintos tipos de actividades que tienen finalidades muy específicas. Estas actividades se organizan y estructuran a lo largo de ciclos de aprendizaje. Pensamos que los futuros profesores pueden aprender a enseñar, a través de estos ciclos, cuyas fases corresponden con la finalidad de las actividades. Siguiendo las ideas de Jorba & Sanmartí (1996), en nuestra investigación estas actividades son:

- de *exploración*,
- de *introducción de nuevos conocimientos*,
- de *estructuración y síntesis de los nuevos conocimientos* y,
- de *aplicación*

Jaume Jorba y Neus Sanmartí desarrollaron desde finales de los ochenta hasta mediados de los noventa, un proyecto para atender a la formación permanente del profesorado, cuya finalidad era la de que los profesores llevaran a sus prácticas de enseñanza, un dispositivo pedagógico que incorpora la regulación continua de los aprendizajes. Para lograrlo, estos autores se inspiraron en trabajos como los de L. Allal (1988, 1991); G. Nunziati (1990) y P. Perrenoud (1991) –entre otros-, sobre la evaluación y la autoevaluación.

También tomaron en cuenta los aportes que hace la Teoría de la Actividad (Talizina, 1988; Leontiev, 1989), para comprender cómo pueden aprender los alumnos (Nunziati, 1990) y con esta fundamentación teórica, llegaron a proponer la estructuración de *secuencias didácticas* que constituyen ciclos de aprendizaje, con actividades orientadas a regular:

- la representación de los objetivos del aprendizaje
- las capacidades de anticiparse y planificar la acción para poder aplicar el nuevo conocimiento y,
- la autogestión de las dificultades, a partir de la apropiación de los criterios de evaluación.

De acuerdo con estos autores, vamos a explicar las fases del ciclo de aprendizaje tal y como las entendemos para la formación de nuestros futuros profesores de ciencias.

A través de instrumentos de *evaluación inicial* cuyo contexto suelen ser situaciones de aula, concretas y simples, la **fase de exploración** tiene como finalidad, que el estudiante haga explícito su modelo de enseñanza de las ciencias, para que empiece a reconocerlo y para que el profesor formador pueda tomar estas ideas como punto de partida y diseñe actividades que le sirvan al estudiante para contrastarlo con los nuevos conocimientos didácticos a aprender. Pero aparte de saber cómo interpreta el estudiante la enseñanza de las ciencias o algún aspecto relacionado con ello, en esta fase se pueden usar otros instrumentos mediante los cuales se intenta comunicarle los objetivos del aprendizaje, porque se asume la importancia fundamental de que reconozca cual será el objeto de aprendizaje (el modelo de enseñanza a aprender), cual será su utilidad y exprese a lo largo de cada unidad didáctica, las dificultades que le plantea aprender a enseñar ciencias.

La fase siguiente, tiene por objetivo **introducir los nuevos puntos de vista sobre la enseñanza de las ciencias** (nuevos para el estudiante), es decir, qué dice la didáctica respecto a las concepciones de ciencia, de enseñanza, de aprendizaje y de evaluación. Desde el modelo constructivista para la formación inicial que defendemos en este estudio, esto significa que hay que plantear al futuro profesor, situaciones de enseñanza progresivamente más abstractas comenzando por las más intuitivas. De esa manera se intenta garantizar que más estudiantes aprendan o que por lo menos se acerquen al nuevo modelo de enseñanza con un nivel de abstracción mayor del que tenían antes de empezar el ciclo.

La **fase de estructuración** tiene la finalidad de que el estudiante sistematice y estructure los nuevos conocimientos didácticos, ya que no es fácil para el estudiante, distinguir qué es lo que hace que su modelo de enseñanza sea diferente del que su profesora – formadora pretende que aprenda. Establecer estas diferencias, requiere un proceso de **síntesis y de estructuración**, que es poco útil si lo hiciera la profesora - formadora. Debe hacerla el mismo estudiante y por esa razón se hace necesario crear actividades de *regulación* específicas para esta fase del ciclo. En esta fase, la interacción con los compañeros (*evaluación mutua*) o con la profesora – formadora (*coevaluación*), tiene especial relevancia porque el alumno puede contrastar sus ideas con las de sus compañeros y con los conocimientos presentados. De este modo se promueve la síntesis que hace cada estudiante, del nuevo modelo que la profesora - formadora ha introducido.

Este es el sentido de la *evaluación formadora*, necesaria para que el estudiante llegue a autorregularse (Nunziati, 1990; Allal, 1991), pues favorece que haga una toma de consciencia respecto a su modelo de enseñanza, en comparación con el que se le propone. La Teoría de la Actividad (Talizina, 1998; Leontiev, 1999) permite entender la importancia de que en esta etapa del ciclo de aprendizaje, el estudiante construya una '*base de orientación*' (esto es, un plan de trabajo mental y muchas veces verbalizable, que le permita regular o dirigir su propia actividad) y hacerse una representación de los objetivos comunicados en la fase de exploración, mucho más próxima a la que tiene su profesora - formadora. De este modo, también se van negociando los criterios de

evaluación que le permitirán al futuro profesor saber si está aprendiendo el nuevo modelo de enseñanza.

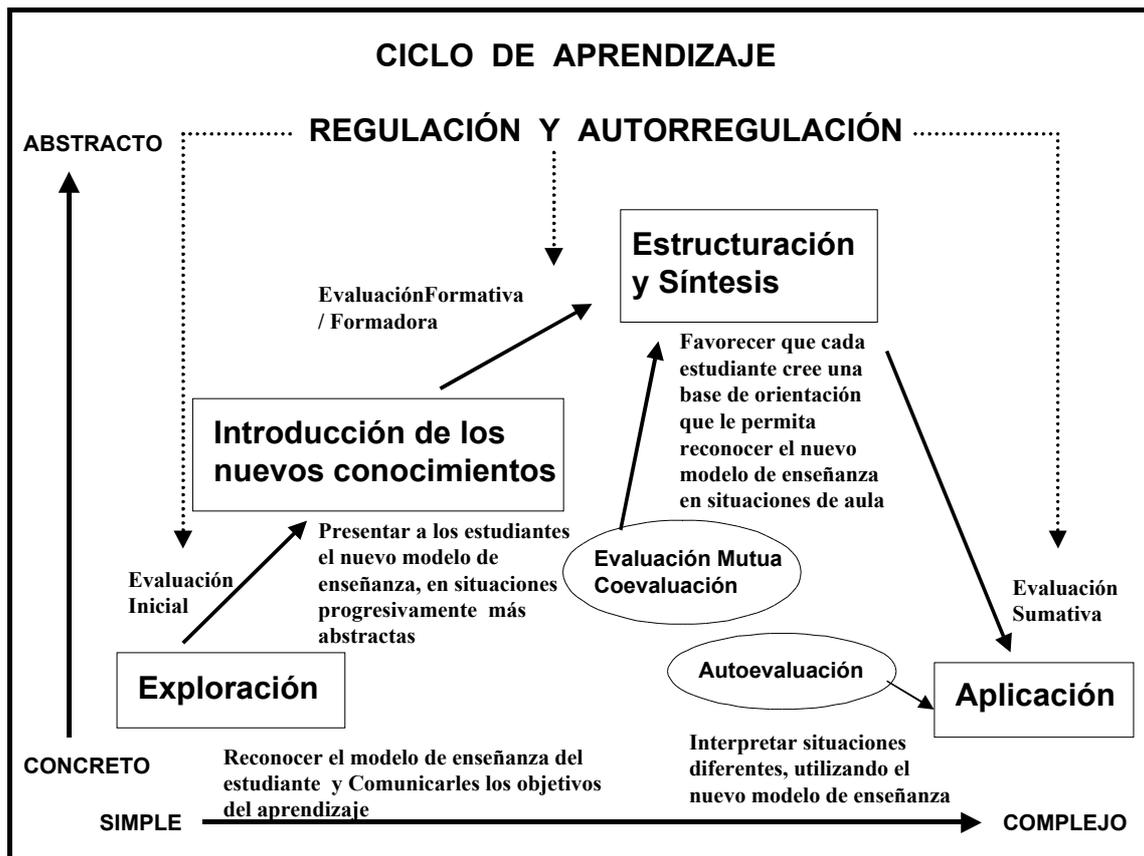
También es necesario pensar actividades para **aplicar los nuevos puntos de vista sobre la enseñanza de las ciencias** a otras situaciones. La principal finalidad de esta fase, es que el futuro profesor vea que es posible interpretar la enseñanza de las ciencias desde un modelo muy distinto al que conocía y desde el cual, puede enfrentar las demandas del currículo abierto planteado en la reforma. En esta fase, la *autoevaluación* pone en evidencia qué tan significativo le resulta al futuro profesor, el modelo constructivista propuesto (y discutido con sus compañeros de grupo y con la profesora – formadora), para tomar decisiones respecto a qué enseñar y cómo hacerlo. Dicha autoevaluación, se convierte en el ejercicio que hace posible al futuro profesor *autorregularse*.

Así mismo, le informa a la profesora – formadora y al estudiante, qué tanto ha aprendido este último, además de ser un buen momento para atender a la diversidad de los estudiantes, porque se pueden utilizar diferentes situaciones para constatar hasta qué punto han entendido el nuevo modelo y quienes necesitan más atención.

La experiencia nos dice, que no es tan fácil para los estudiantes aplicar ese nuevo modelo de enseñanza que les explican a una situación de aula concreta (Angulo, 1996), porque aquello que puede parecer sencillo al profesor - formador, no lo es tanto para quien lo aprende por primera vez, de manera que hay que darle al estudiante la oportunidad de que pruebe las bondades (y las dificultades) del nuevo modelo. Pensamos que es muy importante para el estudiante saber qué es capaz de hacer, qué saben hacer sus compañeros y qué no sabe aun y el profesor - formador, tiene que darse cuenta de esto para ayudarle al estudiante a continuar aprendiendo.

Estas ideas sobre el ciclo de aprendizaje, se representan en el cuadro # 3, que hemos adaptado de Sanmartí (1995) y de Jorba & Sanmartí (1996) y que aparece en la página siguiente.

En resumen, lo primero a tener en cuenta es que para cada fase del ciclo de aprendizaje y para los diferentes contenidos didácticos, es necesario preparar actividades de aprendizaje. Lo segundo, es que estas actividades se organizan de acuerdo a un contexto experiencial. Muchos profesores – formadores pueden pensar que este contexto es el de la *lógica* de la didáctica, pero dicho contexto resulta ser ajeno al estudiante, para quien la enseñanza de las ciencias ni siquiera se plantea como un conocimiento específico de su saber profesional. Desde el enfoque constructivista, se promueve la idea de que este contexto sea más próximo al estudiante, enmarcado en situaciones de aula reales o en casos figurados, pero que le sean significativos. Además de esto, hay que tener presente que no se trata de formar didactas, sino profesores de ciencias, por lo cual, los contenidos a enseñar no pueden ser los de la propia disciplina didáctica (su naturaleza epistemológica, objeto de estudio, líneas de investigación, etc.), sino aquellos que sean relevantes para enfrentar la enseñanza de las ciencias (Martín del Pozo & Rivero, 2001).



Cuadro # 3. El Ciclo de Aprendizaje propuesto en esta investigación, de acuerdo con Sanmartí (1995) y con Jorba & Sanmartí (1996)

Un elemento muy importante que se destaca en este ciclo de aprendizaje, es que la regulación y la autorregulación de los aprendizajes, forman parte del ciclo, la primera acompañando a la enseñanza y al aprendizaje y la segunda, como finalidad del aprendizaje. De acuerdo con las ideas que hemos argumentado a lo largo de este capítulo, las diferentes tipologías de evaluación (inicial, formativa / formadora y sumativa), se integran en el ciclo, para promover la regulación (evaluación mutua y coevaluación) y la autorregulación (autoevaluación). Por esa razón, sostenemos que la evaluación es una parte inseparable del proceso de enseñanza – aprendizaje (Jorba & Sanmartí, 1996). La evaluación sumativa como tal, se llevó a cabo al finalizar el curso de didáctica de las ciencias, pero durante la fase de aplicación de cada ciclo de aprendizaje, estuvimos pendientes de utilizar tanto instrumentos formalizados como no formalizados, para obtener información acerca de la evolución del aprendizaje de los estudiantes. De hecho, varios de esos instrumentos (p.ej. los diarios), se convirtieron en fuentes de información para la investigación.

En el capítulo tres, presentaremos a modo de ejemplo, la secuencia de aprendizaje que siguieron los estudiantes del curso de didáctica de las ciencias, para abordar el tema de las actividades e instrumentos de aprendizaje.

Para finalizar el primer capítulo, nos parece interesante hacer notar que hemos estado hablando de lo que a nuestro modo de ver implica un modelo constructivista para la formación inicial del profesorado de ciencias. Esta argumentación concluye que el futuro profesor debe construir nuevos significados para las relaciones que se establecen

## Capítulo 1

entre la ciencia, la enseñanza y el aprendizaje en el contrato didáctico y hemos intentado describir cómo son esos nuevos significados y qué implicaciones teóricas tienen en el marco del modelo didáctico de ciencia escolar. Pero lo que aún no hemos discutido, es que aprender a enseñar con un modelo como este, demanda procesos metacognitivos que no son intuitivos, sino que al igual que muchos aprendizajes, hay que enseñarlos y promoverlos. De esto nos ocuparemos en el siguiente capítulo.