



C 1087 1  
24.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
DEPARTAMENTO DE PEDAGOGÍA

**CONTRIBUCIÓN TEÓRICO METODOLÓGICA  
A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS  
EN EL MARCO DE LOS PROGRAMAS ACTUALIZADOS  
DEL BACHILLERATO DEL  
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

Tesis que para optar por el grado de  
Doctora en Pedagogía

Presenta:

Mireya Marianela Gómez Coronel

Asesora de Tesis:  
Dra. Libertad Menéndez Menéndez



MÉXICO, JULIO DE 1997.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**COORDINACION GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**UNIDAD DE REGISTRO E INFORMACION  
SOLICITUD DE REGISTRO PARA EXAMEN DE GRADO**

**DATOS GENERALES.**

No. de cuenta 6000104 No. de expediente 38746

Nombre GOMEZ CORONEL MIREYA MARIANELA

Apellido paterno GOMEZ Materno CORONEL Nombre(s) MIREYA MARIANELA

Dirección MORELIA 31 MAGDALENA CONTRERAS D.F. 10710

Calle y número MORELIA 31 Colonia MAGDALENA CONTRERAS Población o ciudad/Delegación D.F. Estado D.F. C.P. 10710

Teléfono Particular 652-34-66 Teléfono Trabajo 568-61-39

Nacionalidad MEXICANA  Sexo F  M

Lugar de nacimiento MEXICO, D.F.  Fecha de nacimiento 27/07/44  
día/mes/año

Dirección de Origen \_\_\_\_\_  
Calle y número población o ciudad país código postal

**ESTUDIOS ANTECEDENTES**

**Licenciatura**

Plan de estudios DE LA CARRERA DE QUIMICO

Institución UNAM Escuela o Facultad QUIMICA País MEXICO

Fecha del examen profesional (día/mes/año) 08/06/67

**Estudios de posgrado**

Nivel y plan de estudios MAESTRIA EN ENSEÑANZA SUPERIOR

Institución UNAM Escuela o Facultad FILOSOFIA Y LETRAS País MEXICO

Fecha de examen de grado o especialización (día/mes/año) 08/04/87

Nivel y plan de estudios \_\_\_\_\_

Institución \_\_\_\_\_ Escuela o Facultad \_\_\_\_\_ País \_\_\_\_\_

Fecha de examen de grado o especialización (día/mes/año) \_\_\_\_\_

**Solicita examen de grado en:**

Facultad o Escuela: FILOSOFIA Y LETRAS

Plan de Estudios: DOCTORADO EN PEDAGOGIA

Promedio indicado en la última revisión de estudios 10.0

Año y semestre de ingreso 87-I

Año y semestre en que cursó su última asignatura o terminó los requisitos del plan de estudios (doctorado) 89-I

Cursó posgrado con beca Si  No  Otorgada por: \_\_\_\_\_

Realizó Tesis: Si  No

Le otorgaron beca para realización de tesis: Si  No  Otorgada por: DGAPA

continua al reverso →

TITULO DE LA TESIS:

Contribución Teórica metodológica a la enseñanza de las Ciencias en el marco de los programas actualizados del bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades

GRADO Y NOMBRE DEL ASESOR O DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Libertad Menéndez Menéndez

INSTITUCION DE ADSCRIPCION DEL ASESOR O DIRECTOR DE TESIS:

Facultad de Filosofía y Letras UNAM

RESUMEN DE LA TESIS: (Favor de escribir el resumen de su tesis a máquina en 25 renglones a un espacio como máximo, sin salir del extensión de este cuadro.

**RESUMEN.**—En esta tesis se desarrolla una propuesta para la enseñanza de las ciencias en el bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM, fundamentada teórica y metodológicamente desde la orientación constructivista de la Didáctica de las Ciencias, área de conocimiento que se ha desarrollado desde las últimas dos décadas en diversos países del mundo y que avanza hacia su consolidación.

Se desarrolla también una propuesta y un programa de formación de profesores dirigidos a la actualización de los docentes del área de ciencias experimentales del bachillerato. En el desarrollo del trabajo se distinguen tres partes. En la primera (capítulos I y II) se presenta la justificación de la propuesta sobre la base, tanto de los errores del modelo de formación científica del CCH que estuvo en vigor de 1971 a 1996, como de los resultados obtenidos a través de una investigación diagnóstica sobre algunos aspectos básicos de la metodología científica, realizada por la autora con alumnos que finalizaron el bachillerato en el ciclo escolar 1994-1995 y que probó que el aprendizaje no fue significativo. Se exponen asimismo, los lineamientos constructivistas de los nuevos programas del área de ciencias experimentales aprobados recientemente, en el CCH.

En la segunda parte del trabajo (capítulos III, IV y V), se desarrolla el cuerpo teórico de la Didáctica de las Ciencias, que se enmarca en el constructivismo didáctico. Se abordan aquí los siguientes puntos: a) Orientación constructivista de la Didáctica de las Ciencias, b) La naturaleza de la ciencia, c) La ciencia que debemos conocer y seleccionar antes de enseñarla y d) Cómo aprender ciencia los alumnos. En la última parte (capítulo VI y VII), se desarrolla una propuesta para la enseñanza de las ciencias en el bachillerato y un programa de formación docente dirigido a lograr una cierta transformación en el pensamiento y en las estrategias didácticas de los profesores de ciencias.

LOS DATOS ASENTADOS EN ESTE DOCUMENTO CONCUERDAN FIELMENTE CON LOS REALES Y QUEDO ENTERADO QUE EN CASO DE CUALQUIER DISCREPANCIA QUEDARA SUSPENDIDO EL TRAMITE DEL EXAMEN.

17 de junio de 1997

FECHA DE SOLICITUD \_\_\_\_\_

  
FIRMA DEL ALUMNO

Acompaño los siguientes documentos:

- Nominamiento del jurado del examen de grado
- Aprobación del trabajo escrito por cada miembro del jurado.
- Copia de la última revisión de estudios

## ABSTRACT.

This work develops a proposal for science education in the high school level, theoretically and methodologically based on the constructivist perspective of science education. This field of knowledge has been developed in the last twenty years in different countries, growing fast into its consolidation. It also includes the work done about a proposal and a program for science teacher training according to the model put forward by the new curricular design of the Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM high school.

This work is presented in three sections: The first one (chapters I and II) offers the justification of the proposal taking in account the problems arising in our high school from 1971 to 1996 with the "learning by discovery" orientation of the curriculum, as well as the data obtained from a diagnostic study conducted by the author about the scientific notions acquired by the students. In this section the new curricular model of our school and the new consensus on the nature of science learning as a construction of knowledge, are also analyzed.

The second section (chapters III, IV and V) deals with the theoretical aspects of science education: a) Science education as a field of knowledge. b) The nature of science. c) Science we have to choose before we teach. d) How students learn science. In the third and last section (chapters VI and VII) we present a proposal about how to teach science and some strategies and a program for high school science teacher formation.

A mis hijas Neyita y Annie, amor y alegría de mi vida.

A mi mamá, a mis hermanos, a mis tías y a la memoria de mi padre.  
Familia que con su cariño y apoyo me ha impulsado al logro de cosas importantes.

A Magda, Evelina, Malicha y Sylvia, cuya amistad enriquece mi vida.

A mi amigo Gilberto Lira, con quien comparto valores, experiencias, responsabilidades y puntos de vista.

Al Ingeniero Alfonso López Tapia, queridísimo amigo, con agradecimiento y admiración.

Al Colegio de Ciencias y Humanidades, razón y fin de mis esfuerzos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dra. Libertad Menéndez le agradezco su acertada y valiosa dirección y la gran cantidad de trabajo invertida en la revisión de las dos versiones de mi tesis.

Al Dr. Juan Manuel Lozano, a la Dra. Frida Zacauala, al Dr. Jesús Valdés, al Dr. Aguirre Cárdenas, a la Mtra. Marta Corenstein y al Dr. José Bazán les doy las gracias por haber aceptado participar como miembros de mi jurado, por el esfuerzo dedicado a la revisión de mi tesis y por sus valiosas sugerencias.

Al Dr. Carles Furió y Más, maestro y amigo, quien dedica su esfuerzo a consolidar y a difundir la Didáctica de las Ciencias, quiero hacerle patente mi agradecimiento porque, desde el otro lado del Atlántico, revisó el borrador de mi tesis y lo enriqueció con su experiencia.

A la Dra. Neus Sanmartí, directora de la revista Enseñanza de las Ciencias, mi agradecimiento por sus orientaciones en la búsqueda de bibliografía y por la generosidad con la que puso a mi disposición materiales inéditos que me fueron de gran utilidad como modelo en la organización del contenido de mi trabajo. Además, como maestra convencida, me contagió de su entusiasmo por la Didáctica de las Ciencias.

Agradezco a mis mejores maestros del PAAS, Horacio García, Glinda Irazoque, Jesús Valdés, José Ma. Pastor, Neus Sanmartí, Daniel Gil, Carles Furió, Mercé Izquierdo, Jesús Alonso Tapia, María Rodríguez Moneo y África de la Cruz, el haber sido para mí un ejemplo de amor y entrega a la docencia y sus valiosas contribuciones, desde diversos ángulos, al tema de mi tesis. Especialmente quiero agradecer a mis asesoras de la estancia de investigación en México, Beatriz Reynaud y Rosalinda Cadena, el haberme enseñado su método de trabajo y el haber sido vivo ejemplo de cómo se pone en práctica el constructivismo en el aula.

Al ingeniero Alfonso López Tapia, estimadísimo amigo, quiero manifestarle mi admiración por su trabajo y su entrega a la universidad, mi orgullo por el alto honor de su amistad y mi agradecimiento, no solamente por el apoyo en el fotocopiado de mi tesis, sino por el respaldo generoso e incondicional que siempre me ha brindado.

Al Dr. Juan Manuel Lozano, admirable maestro y amigo, quiero agradecerle, en forma especial, el gran interés que puso en la revisión de mi trabajo, sus atinadas sugerencias y sobre todo, el entusiasmo, bromas y buen humor que me regaló durante las asesorías.

Doy mil gracias al gran equipo del CAB, Lidia Ortega, Eve, Lety, Leo, Sol y Mary, que me ayudaron a corregir mis capítulos y a pasarlos en limpio. En especial, a la Mtra. Carmen Villatoro por haberme apoyado en la localización de los datos bibliográficos que me hacían falta.

A Gilberto Lira, amigo que comparte conmigo trabajo, responsabilidades y un gran entusiasmo, tanto por la docencia, como por el constructivismo y por la formación de profesores, le doy las gracias

por haberme ayudado a sacar adelante distintas etapas de mi trabajo; por prestarse para discutir conmigo el contenido de los capítulos, por regalarme mucho tiempo para mejorar los borradores y, especialmente, por haberme alentado en tiempos difíciles y por haberme ofrecido múltiples pruebas de generosidad, solidaridad y amistad.

A mi amiga Evelina, con quien sé que cuento siempre, quiero darle las gracias por haberme pasado en limpio las tablas del capítulo 2 y por haberme demostrado su interés y amistad, al ponerse a indagar y a probar un método computacional que desconocía, con el fin de generar automáticamente el índice de mi tesis.

A Magda Lomell, amiga de toda la vida, a quien debo el haberme decidido a poner por fin "manos a la obra" pues me cansé de oírle decir que "desde que me conoce estaba haciendo mi tesis". Le doy las gracias por haberme alentado en las dificultades que se presentaron durante mi trabajo, por haber cuidado a mis hijas cuando me fui a España, y sobre todo, por haber compartido tantas cosas conmigo y por el tesoro de su amistad.

A mis amigas Elsa, Luz Mercedes, Yola y Dulce, miembros del Seminario de Investigación sobre la Práctica Docente, les agradezco su interés en el desarrollo de mi trabajo, la confianza que tienen en mí, y el respaldo que me brindaron en las investigaciones comprendidas en mi tesis.

A Jaime Carrera, le doy las gracias por el mecanografiado de los diversos borradores de mi tesis, por su ayuda en las traducciones, por su apoyo en la revisión final de la bibliografía y por la impecable calidad de todos sus trabajos.

## **ÍNDICE**

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>7</b>
<b>EVOLUCIÓN DEL MODELO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA DEL BACHILLERATO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES. LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES Y PROBLEMÁTICA</b>	
1. EL MODELO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA EN EL PLAN DE ESTUDIOS DE 1971	7
2. ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DEL MODELO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA ENTRE 1971 Y 1996	14
3. LA REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS DEL CCH Y DE LOS PROGRAMAS DEL ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES	18
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>30</b>
<b>INVESTIGACIÓN SOBRE EL APRENDIZAJE DEL MÉTODO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL EN ALUMNOS DE BACHILLERATO DEL CCH</b>	
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	30
2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	30
3. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	39
4. RESULTADOS	40
5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	45
6. CONCLUSIONES	47
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>49</b>
<b>LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS</b>	
1. SU JUSTIFICACIÓN	49
2. SU EVOLUCIÓN	50
3. SU DEFINICIÓN COMO ÁREA DE CONOCIMIENTO	54
4. LOS FACTORES DETERMINANTES QUE HAN INFLUIDO EN SU CONFIGURACIÓN	58
5. EL CONSTRUCTIVISMO COMO SU REFERENTE TEÓRICO-METODOLÓGICO	69
6. RESUMEN	76

<b>CAPÍTULO IV</b>	77
<b>LA CIENCIA QUE DEBEMOS CONOCER Y SELECCIONAR ANTES DE ENSEÑARLA</b>	
1. LA NATURALEZA DE LA CIENCIA	78
2. LA FINALIDAD DE SU ENSEÑANZA	81
3. ALGUNAS DIFERENCIAS ENTRE LA CIENCIA DE LOS CIENTÍFICOS Y LA DE LOS ALUMNOS	86
<b>CAPÍTULO V</b>	90
<b>CÓMO APRENDEN CIENCIAS LOS ESTUDIANTES</b>	
1. MODELOS EXPLICATIVOS SOBRE CÓMO APRENDEN LOS ESTUDIANTES	90
2. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE LOS ESTUDIANTES EN DOMINIOS CONCRETOS DE LA CIENCIA. EXPLICACIONES DE SU ORIGEN Y PERSISTENCIA	92
3. OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL APRENDIZAJE CIENTÍFICO	97
<b>CAPÍTULO VI</b>	102
<b>CÓMO ENSEÑAR CIENCIAS EN EL BACHILLERATO</b>	
1. LA NATURALEZA Y LA ORGANIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	102
2. LAS ACTIVIDADES MÁS USUALES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	117
3. LA EVALUACIÓN	125
4. CÓMO LOGRAR EL TRABAJO COOPERATIVO	137
<b>CAPÍTULO VII</b>	142
<b>PROPUESTAS PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES</b>	
<b>CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS</b>	
1. RETOS PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES EN EL BACHILLERATO DEL CCH	142
2. PROPUESTA DE FORMACIÓN PARA LOS PROFESORES DE CIENCIAS	144
3. CONCLUSIONES	157
4. PERSPECTIVAS	158
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	160

## INTRODUCCIÓN.

El bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades llevó a cabo, en fecha reciente, la actualización de su plan de estudios, mismo que había permanecido sin revisión por más de veinte años. Tanto el plan de estudios actualizado, como los programas de estudio derivados de él, fueron aprobados por el Consejo Académico del Bachillerato el 11 de Julio de 1996 y entraron en vigor a partir del semestre lectivo 97-1. La reforma educativa que se plantea con motivo de dicha actualización, constituye, sin duda, un reto para todos aquellos que dedicamos nuestros esfuerzos a la enseñanza en esa Institución.

En la línea de un profundo compromiso con el cambio curricular del CCH, institución a la que hemos dedicado más de veinticuatro años de trabajo docente, realizamos este trabajo de tesis de doctorado en Pedagogía, en el cual nos proponemos como objetivo central desarrollar una propuesta que contribuya a la actualización de la enseñanza de las ciencias en la institución y que ofrezca, al mismo tiempo, una fundamentación teórica y metodológica de los nuevos lineamientos para la enseñanza de las ciencias que proponen los programas vigentes del área de ciencias experimentales. Asimismo ofreceremos algunas propuestas y un programa para la formación de profesores con el fin de que puedan aprovecharse para lograr una enseñanza actualizada y significativa de las ciencias.

Queremos iniciar este trabajo, con la expresión de nuestro profundo convencimiento de que solamente mediante una sólida formación de su profesorado, el bachillerato del Colegio logrará las ambiciosas expectativas para la formación de su alumnado cifradas en el nuevo plan de estudios y que únicamente mediante la vía de la actualización teórico metodológica en la enseñanza de sus disciplinas, los docentes estarán capacitados para afrontar los retos de la aplicación de los nuevos programas de estudio y para obtener mejores resultados en su tarea académica. Asimismo, consideramos que los deficientes resultados obtenidos mediante la aplicación del anterior modelo de formación científica, que estuvo vigente por más de veinte años en nuestra institución, reclaman una visión más actualizada de las ciencias y un cambio en el modelo de enseñanza.

En este mismo sentido, cabe puntualizar que durante la consulta a la comunidad docente, realizada con motivo de la revisión del plan de estudios, numerosos profesores del área de ciencias experimentales reconocieron que

los alumnos no alcanzaban los objetivos propuestos para la enseñanza de las ciencias y que, a través del modelo de formación basado en la aplicación del método experimental, los alumnos no desarrollaban una actitud positiva hacia la ciencia, no alcanzaban conocimientos significativos, ni tampoco los hábitos ni las destrezas científicas esperadas.<sup>1</sup> En consecuencia, durante dicha consulta, muchos profesores manifestaron la necesidad de que se produjera un cambio en la metodología de la enseñanza de las ciencias, mismo que permitiera que el aprendizaje fuera una actividad motivadora y significativa. Entre sus propuestas los profesores señalaron que la enseñanza de las ciencias debía ampliar el ámbito de sus objetivos hacia las habilidades y actitudes y superar la enseñanza tradicional centrada en el aprendizaje memorístico de conceptos, leyes y teorías. Destacaron también la conveniencia de acercar el conocimiento científico al ambiente cotidiano y a los intereses de los alumnos, así como la conveniencia de vincular la metodología de la ciencia a los contenidos conceptuales.<sup>2</sup>

Buscando dar respuesta a las demandas de los profesores y dotar de una mejor formación científica a nuestros bachilleres, los programas actualizados del área presentan cambios importantes, tanto en el contenido, como en la estrategia para enseñar ciencias. Entre los cambios más significativos podemos destacar:

- Presentan una nueva visión de la ciencia.
- Muestran una nueva orientación en la finalidad de la enseñanza.
- Contienen nuevos temas y contenidos a enseñar.
- Proponen nuevas formas para la enseñanza de conceptos.
- Llevan implícita una nueva visión sobre cómo aprenden ciencias los estudiantes.
- Presentan una propuesta diferente acerca de cómo seleccionar y organizar las actividades de enseñanza.
- Proponen una nueva visión de la finalidad de las actividades prácticas y de la resolución de problemas.
- Implican una nueva forma de organización del trabajo en el aula.
- Conceden un gran valor a la comunicación en las clases de ciencias.
- Incorporan a la enseñanza, nociones sobre las nuevas tecnologías y la educación ambiental.
- Presentan una nueva visión sobre la evaluación y nuevos métodos para realizarla.

---

<sup>1</sup> Comisión de programas del área de ciencias experimentales. *Acerca del Método Científico Experimental en el Bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades*. 1995. pp. 5-8.

<sup>2</sup> *Ibidem*. pp. 13-15.

Los programas actualizados implican un cambio de estrategia en la enseñanza de las ciencias, superando, tanto la clase expositiva tradicional, como el *modelo de investigación autónoma por parte de los alumnos* que caracterizó la formación científica de nuestra institución por más de dos décadas.

En otro orden de ideas, dado que la tecnología y los avances científicos rodean la vida del hombre moderno, los programas actualizados y el marco conceptual del área, hacen hincapié en la necesidad de ayudar a los alumnos a transformar su visión de la ciencia como algo lejano, aburrido, difícil e inútil, por otra en la que la ciencia se les muestre como algo útil, asequible y cercano a todos.<sup>3</sup>

La concepción de ciencia que susienta hoy el Colegio, lleva implícito tanto el aprendizaje de cómo se construye la disciplina, como de los conceptos básicos que la estructuran. Ambas cosas deben ser objeto de enseñanza y de aprendizaje en todas las asignaturas. La ciencia y su metodología se presentan unidas en el nuevo currículum y se pretende que el aprendizaje sea significativo, no solamente en el ámbito de los conocimientos, sino en el de las habilidades y en el de las actitudes.

En los nuevos documentos, la ciencia se asume como un proceso en constante construcción. La metodología científica se concibe como un proceso dinámico y global, que no es único ni infalible, y que no se puede dividir en compartimientos aislados; Debe ser enseñada como un camino para construir nuevos conocimientos a partir de un sistema teórico previo, dado que se trata de que el alumno aprenda las ciencias investigando, sin reducirse a aplicar recetas.<sup>4</sup>

La nueva visión de la formación científica en el bachillerato del Colegio, demanda necesariamente un distinto perfil del profesor, el cual debe estar mejor preparado para poder abordar con éxito los actuales retos de la enseñanza de las ciencias. En este sentido, consideramos que, a pesar de la importancia de los cambios introducidos en los nuevos programas, el cambio curricular real dependerá, en gran medida, de lo que los profesores sean capaces de modificar en sus cursos. La actualización de los programas en contenidos, temática, enfoques y actividades, demanda nuevos conocimientos y nuevas actitudes por parte de los profesores.

En este sentido, la orientación constructivista de la *didáctica de las ciencias*, cuyas directrices fueron recogidas en alguna medida en los nuevos programas del área, señala la necesidad de un conocimiento profundo, por parte de los profesores, tanto de la materia a enseñar, como del manejo de habilidades didácticas, como son: la

---

<sup>3</sup> *Ibidem.* pp. 3-4.

<sup>4</sup> Aguilar Casas, M. et al. *Las Áreas en el Plan de Estudios del Bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades.* 1995. pp. 13-16.

capacidad para preparar programas para la clase y para dirigir las actividades de los alumnos. Esta orientación considera necesario que los docentes aprendan a problematizar sus enseñanzas y a presentar una imagen del conocimiento más real, más integrado, más contextualizado socialmente y más adecuado a la edad y a los intereses de los alumnos. En especial, la redefinición de la metodología de trabajo desde la orientación de la *didáctica de las ciencias*, obliga a un replanteamiento y a una reorientación de la experiencia docente. Para que se produzca una real innovación en la enseñanza de las ciencias es absolutamente necesario el cambio del papel del profesor, mismo que puede concretarse, como veremos más adelante, en saber diagnosticar las ideas existentes en las mentes de los alumnos, ayudarlos a pensar en los fenómenos desde nuevos puntos de vista, animarlos a adoptar soluciones alternativas, y estimular en ellos el pensamiento reflexivo, como características fundamentales.<sup>5</sup> Mediante estas acciones, se espera transmitir a los jóvenes bachilleres, una visión más dinámica de la ciencia.<sup>6</sup> Por tanto, consideramos que ante los cambios propuestos por los nuevos programas del área de ciencias experimentales, la necesidad de actualización teórico metodológica de los profesores, se hace imperiosa en nuestra institución

Consideramos que la formación del profesorado del bachillerato del Colegio, requiere de un esfuerzo de fundamentación teórica que dé sustento a las nuevas estrategias y metodologías dirigidas hacia la construcción del conocimiento y al aprendizaje significativo de las ciencias por parte de los alumnos. En ese sentido, al plantearnos estas necesidades, hemos intentando desarrollar una propuesta que responda a las demandas del profesorado ante los requerimientos de la aplicación de los nuevos programas, que les ofrezca una concepción teóricamente fundamentada del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.<sup>7</sup>

Nuestra propuesta la hemos enmarcado en las orientaciones de la *didáctica de las ciencias*, nuevo campo de conocimiento que se ha desarrollado en diversos países del mundo en las últimas dos décadas y cuyo objetivo fundamental ha sido promover un cambio metodológico y una fundamentación teórica de la enseñanza de las ciencias, ampliando sus objetivos, de lo puramente conceptual, hacia aquéllos referidos a procesos, actitudes, aspectos ecológicos y tecnológicos, relacionados con el contexto cotidiano de los alumnos.

---

<sup>5</sup> *Ibidem*. pp. 194.

<sup>6</sup> Furió y Mas, C. "Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias". En: *Enseñanza de las Ciencias*, 1994, 12 (2), pp. 193-195.

<sup>7</sup> Martínez Losada, C. et al. "Las ideas de los profesores de ciencias sobre la formación docente". En: *Enseñanza de las Ciencias*, 1991, 11 (1), p. 30.

El desarrollo de la *didáctica de las ciencias* ha introducido nuevas exigencias para el profesorado, en el sentido de que ha modificado substancialmente la visión del trabajo docente que tradicionalmente se había reducido a la impartición de clases. Para que la enseñanza llegue a ser efectiva y adquiera, al mismo tiempo, todo el interés de una tarea creativa, en el marco de esta corriente, se le concede una importancia decisiva tanto a la planeación cuidadosa de las actividades didácticas, como a las tareas de innovación e investigación. En el capítulo III de este trabajo, ampliaremos esta perspectiva.

En el desarrollo de el presente trabajo, podemos distinguir tres partes. En la primera (capítulos I y II), se presenta la justificación de una nueva propuesta sobre la base, tanto del análisis del modelo de formación científica del CCH que estuvo en vigor de 1971 a 1996, como de los resultados obtenidos detectados a través de una investigación diagnóstica sobre aspectos básicos de la metodología científica realizada por la autora de este trabajo en el ciclo escolar 1994-1995, con alumnos que finalizaban el bachillerato. Se exponen asimismo, los lineamientos de los nuevos programas del área de ciencias experimentales, aprobados recientemente. En la segunda parte de nuestro trabajo (capítulos III, IV y V), se desarrolla el cuerpo teórico de la *didáctica de las ciencias*, misma que se enmarca en el constructivismo didáctico. En la tercera parte, dedicada a las propuestas y conclusiones, se desarrolla la propuesta para la enseñanza de las ciencias en el bachillerato y un programa de formación docente que pretende sentar las bases para lograr una cierta transformación en el pensamiento y en las estrategias didácticas de los profesores de ciencias.

A partir de lo anterior, el contenido de cada uno de los capítulos que componen nuestro trabajo está orientado en los siguientes términos:

En el primer capítulo, se justifica la necesidad de una nueva propuesta para la enseñanza de las ciencias, sobre la base de un análisis diacrónico de la evolución de la formación científica en el CCH, desde su fundación, hasta la reestructuración reciente de sus planes y programas. En el segundo apartado, con el fin de fundamentar más ampliamente la necesidad de una reorientación de la formación científica, presentamos los resultados de una investigación sobre el aprendizaje del método científico experimental, realizada en 1994 con alumnos egresados del sexto semestre; dichos resultados muestran que no se logró un aprendizaje significativo a través del antiguo modelo de enseñanza de las ciencias que se aplicaba en el bachillerato del Colegio. En el tercer capítulo ofrecemos como marco teórico de nuestro trabajo, la orientación constructivista de la *didáctica de las ciencias*, campo específico de conocimiento con características propias, que avanza hacia su consolidación; analizamos su génesis, su evolución y sus fundamentos teóricos y caracterizamos, asimismo, los problemas

que son su objeto de estudio. En el mismo marco de la *didáctica de las ciencias*, el cuarto capítulo exponemos cuál es la ciencia que debemos conocer y seleccionar, para enseñarla a nuestros alumnos de bachillerato; también analizamos algunas diferencias entre la ciencia de los científicos y la de los alumnos. En el quinto apartado, nos abocamos a revisar algunos modelos explicativos sobre cómo aprenden ciencias los estudiantes y otros factores que influyen en el aprendizaje de las ciencias. En el sexto capítulo, proponemos cómo enseñar ciencias en el contexto del bachillerato; para ello revisamos los modelos de organización de las actividades didácticas y las actividades más usuales para la enseñanza de las ciencias, con el fin de arribar tanto a una propuesta de evaluación para las materias científicas, como a algunas sugerencias de cómo manejar el aula para el aprendizaje cooperativo. En el último capítulo, hacemos explícitos los retos para la formación de profesores y presentamos, en consecuencia, un programa de formación docente dirigido a lograr el cambio conceptual, metodológico y de actitudes de los profesores de ciencias.

## CAPITULO I

### EVOLUCIÓN DEL MODELO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA DEL BACHILLERATO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES. LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES Y PROBLEMÁTICA.

El presente capítulo tiene como propósito adentrarnos en un análisis diacrónico de la problemática enfrentada por la comunidad docente del CCH del área de ciencias experimentales, en el esfuerzo por dotar de formación científica al alumnado, mediante la aplicación del modelo para la enseñanza de las ciencias impulsado en el plan de estudios de 1971, mismo que estuvo vigente en nuestra institución por más de 25 años.

Para ello, se hace preciso situar el origen de dicho modelo de formación científica, analizar los lineamientos institucionales que le dieron vida y adentrarnos en la problemática enfrentada por la comunidad docente, para destacar los deficientes resultados obtenidos a través de ese modelo de formación científica. Por último analizaremos las propuestas de la comisión revisora del plan de estudios, así como las nuevas orientaciones para la enseñanza de las ciencias que presentan los programas actualizados para las asignaturas del área de ciencias experimentales, mismos que fueron aprobados por el Consejo Académico del Bachillerato el 11 de Julio de 1996.

#### 1. EL MODELO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA EN EL PLAN DE ESTUDIOS DE 1971.

##### 1.1. LINEAMIENTOS DEL MODELO EN LOS DOCUMENTOS DE FUNDACIÓN DEL CCH.

Para atender los graves problemas que enfrentaba la educación en todo el mundo, al final de la década de los sesenta, la **UNESCO** organizó en París, la *Conferencia Internacional para el Desarrollo de la Educación*, la cual, respecto de la enseñanza de las ciencias, recomendó la búsqueda de nuevas estrategias, que contrarrestaran los estragos de una enseñanza, que se había caracterizado por una metodología puramente descriptiva y teórica. Al respecto, se postularon las siguientes ideas y recomendaciones:

*"...La enseñanza científica tradicional no se preocupa en absoluto de conectar los conocimientos adquiridos en clase con la práctica científica real, que es donde se verifican las hipótesis en vez de exponerlas, donde se descubren leyes en vez de aprenderlas. Rara vez destaca la parte del espíritu creador, de intuición, de imaginación, de entusiasmo y de duda que lleva en sí la actividad científica. La facultad de observar, de coleccionar, de medir, de clasificar los hechos y de sacar de ello conclusiones, no debería de ser sólo patrimonio de los científicos. La desmitificación de la ciencia, la popularización de la práctica científica, no deben ser consideradas signo de degeneración sino todo lo contrario..." [se hace preciso] "...modernizar los*

*objetivos, los contenidos y los métodos en la enseñanza de las ciencias. De manera que se ponga el acento con mayor fuerza en la comprensión de los principios y en el análisis de los conceptos, en vez de en la memorización de fórmulas y de hechos. Es deseable que se reserve un lugar mayor a la experimentación y se recurra a métodos pedagógicos nuevos que intenten ligar la enseñanza científica con la vida cotidiana de los alumnos..."*<sup>1</sup>

Dado que la *Conferencia*, en esos años 60, postuló la enseñanza experimental de las ciencias y la búsqueda de formación de mejores científicos, como un intento de alcanzar estos lineamientos, proliferaron una serie de programas como el IPS (Introductory Physical Science), el BSCS (Biological Science Curriculum Study) y el Proyecto Nuffield para la enseñanza de la Química, los cuales abordaban la enseñanza de las ciencias desde las orientaciones del llamado "modelo del descubrimiento", el cual pretendía que los alumnos vivieran la experiencia de hacer ciencia, mediante la experimentación y la aplicación del método experimental.

Al final de esa década, cuando se elaboró el proyecto educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades, las ideas de la *Conferencia Internacional* se vieron también reflejadas en el enfoque filosófico y en los programas de la nueva institución. En el área de ciencias experimentales, la formación científica se abordó bajo la óptica de la enseñanza a través de la investigación y de la experimentación recomendados por la citada *Conferencia*.

No obstante lo anterior, el 21 de enero de 1971, fecha en que se aprobó la creación del Colegio, solamente se enunciaron algunos vagos lineamientos sobre lo que sería la formación científica del alumnado; en tal sentido quedó asentado en el Proyecto para la Creación del CCH que la educación básica que habría de recibir el estudiante incluiría cuatro disciplinas fundamentales: el método científico experimental, el método histórico social, las matemáticas y el español, mismas que le permitirían aprovechar las alternativas profesionales o académicas, clásicas y modernas.<sup>2</sup> Asimismo, en esa histórica sesión, se señalaron como materias relacionadas con la formación científica, las siguientes:

PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	TERCER SEMESTRE	CUARTO SEMESTRE	QUINTO SEMESTRE	SEXTO SEMESTRE
Física I (5 horas semanales)	Química I (5 horas semanales)	Biología I (5 horas semanales)	Método Experimental (5 horas semanales)	Física II Química II Biología II (Una optativa).	Física III Química III Biología III (Una optativa).

Dentro del área de ciencias experimentales, se incluían, como opciones para los dos últimos semestres, las asignaturas de Psicología y Ciencias de La Salud, que el alumno podría elegir, si así convenía a sus intereses vocacionales.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faure, E. *Aprender a ser*. 1972, pp. 55 y 127.

<sup>2</sup> "Proyecto para la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades". En: *Documenta*. Junio de 1979. No.1, UNAM, CCH, (Centro de documentación académica) p.7.

<sup>3</sup> *Ibidem* pp. 10-11.

El documento *Descripción de los Programas de la Unidad Académica del Bachillerato*, describió brevemente, en listados de temas, los contenidos tentativos que habrían de abordarse en cada una de esas asignaturas.<sup>4</sup> Asimismo se añadieron algunas escuetas orientaciones metodológicas para la enseñanza en el área que nos ocupa; en tal sentido quedó asentado que:

*"...La metodología de la enseñanza hará énfasis en el ejercicio y en la práctica de los conocimientos teóricos adquiridos. En todos y cada uno de los cursos se deberá utilizar no sólo textos convencionales sino antologías de lecturas ( de matemáticas, física, química, literatura, etc.) Así, en el curso de Biología -por ejemplo- no sólo se estudiará en el texto de Biología, sino una antología de ensayos o artículos destacados sobre las ciencias biológicas, la investigación básica en biología, la investigación aplicada, que den una imagen viva de lo que es la disciplina y de sus múltiples y variadas posibilidades. En los laboratorios se hará que los estudiantes construyan algunos de los aparatos de observación y que los apliquen, sin que se limiten al uso de los ya , así como que se discutan textos sobre la materia en forma de mesas redondas..."*<sup>5</sup>

Adicionales a los textos oficiales, aparecieron un buen número de entrevistas y artículos que en su momento sirvieron para complementar la idea académica de la institución que recién se abría. En relación con el área de ciencias experimentales quedaba claro que la formación científica habría de enfocarse a dotar al estudiante de un método y un estilo de investigación, es decir, de una formación básica para vivir en primera persona, la experiencia de hacer ciencia.

Es decir, ahí se hacía evidente *la primacía que tendrían investigación y del experimento, por sobre la teoría y los conceptos*, en el modelo de formación científica que se había diseñado para el Colegio.

De la revisión cuidadosa de éstos y otros documentos de esa primera etapa del Colegio, podemos concluir que, *la formación científica del alumnado, se centraba en la investigación y en el manejo del método científico experimental* y que el proceso educativo debía revestir la siguientes características:

- Recrear la experiencia de hacer ciencia.
- Generar en los estudiantes actitudes creativas, científicas y críticas.
- Enseñar a buscar y analizar información.
- Proporcionar los conocimientos básicos de cada asignatura.
- Buscar la interdisciplinariedad.
- Combatir el enciclopedismo.

En los cursos de preparación para los nuevos profesores, llevados a cabo en los tres meses siguientes a la creación del Colegio, se invitaba al docente a tener presente el trabajo de investigación en todos los cursos, y a procurar, no sólo la repetición empírica de experimentos, sino a remarcar las diferentes facetas del trabajo de investigación. Asimismo, el enseñante debía promover la iniciativa y el potencial de análisis de los estudiantes;

<sup>4</sup> "Descripción de los programas de la unidad académica del bachillerato" En: *Documenta. Op.cit.* pp. 19-29.

<sup>5</sup> "Reglas y criterios de aplicación del plan de estudios", En: *Documenta. Op. cit.* pp 13-14.

propiciar su desarrollo integral mediante el énfasis en la adquisición de técnicas y métodos de trabajo que permitieran desarrollar habilidades parecidas a las de un investigador.<sup>6</sup>

## 1.2. CONCRECIONES Y FORMALIZACIONES POSTERIORES DEL MODELO ORIGINAL.

Al final de la década de los años setenta, en los primeros intentos institucionales de formalización del plan de estudios, en diversos documentos, se estableció la primacía de lo metodológico en la formación científica de los alumnos, declarándose que el manejo del método científico experimental sería el objetivo fundamental del área de ciencias experimentales y el eje y núcleo de todas las materias del área, principio que fue enunciado en los siguiente términos:

*"...El área de ciencias experimentales pretende el conocimiento del método experimental, la asimilación de sus principios básicos y su aplicación en el campo de las ciencias naturales, de la psicología y de las ciencias de la salud."*<sup>7</sup>

Sin embargo, en otro documento generado en 1976, denominado *Panel sobre Cambios Recientes en la Educación Media Superior*, se aprecia, además de la formación metodológica, una cierta preocupación por la formación disciplinaria que se refleja en las siguientes líneas:

*"...Por otra parte, y aunque ello signifique circunscribirse a un número limitado de experimentos, debe tenerse siempre en cuenta que los cursos persiguen, además del dominio del método experimental, la adquisición de un conjunto organizado de conocimientos, que permitan al estudiante obtener una visión global de los fenómenos naturales. Por lo mismo, los experimentos que se realizarán en todas las materias deberán estar seleccionados y guardar estrecha relación con los contenidos de los programas..."*<sup>8</sup>

Asimismo, en ese documento, se hacía énfasis en que la habilidad para utilizar el método científico experimental se alcanzaría gradualmente a lo largo de los seis semestres del bachillerato y que esta metodología formativa hacía diferente la práctica del Colegio de la de otras instituciones educativas del mismo nivel.<sup>9</sup>

Ahí mismo, quedaron precisados los objetivos generales asignados al área de ciencias experimentales, mismos que fueron concretados de la forma siguiente:

*Que el alumno:*

- *Aplique el método científico experimental a problemas concretos de la naturaleza, empleando las habilidades adquiridas al cursar las materias del área.*

<sup>6</sup> s/a "Criterios de eficiencia en la labor de maestros del Colegio de Ciencias y Humanidades." En: *Curso para aspirantes a profesores del CCH*. 1973. Fotocopiado. Plantel Sur. pp. 2-3.

<sup>7</sup> *El bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades. Información para profesores*, México, UNAM, CCH. 1971, p. 23

<sup>8</sup> Velázquez, C. R. *Panel sobre cambios recientes en la educación media superior. El caso del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Julio 1976. México, UNAM, CCH. p. 12.

<sup>9</sup> *Mem.*

- *Integre el conocimiento de los fenómenos físicos, químicos, biológicos, psicológicos y de la salud, en una visión general del comportamiento de la naturaleza;*
- *Diseñe experimentos que permitan la validación de conocimientos y habilidades adquiridas con base en la aplicación del Método Científico, para la resolución de problemas concretos.*
- *Maneje técnicas e instrumentos que posibiliten la realización práctica de diseños experimentales para la resolución de problemas específicos.*
- *Conozca los lineamientos básicos para elaborar reportes de investigación científica, aplicándolos a la elaboración de informes sobre sus investigaciones escolares.<sup>10</sup>*

En esos mismos años fue elaborado un nuevo documento conocido como *Compilación de Programas* el que tuvo el mérito de ser uno de los primeros intentos de concreción del plan de estudios del CCH. Dicho texto, explicitó puntualmente el significado de la "formación científica" para el área de ciencias experimentales. Por su importancia para la comprensión de la orientación, que prevalecería por más de veinticinco años en nuestro bachillerato, incluimos los siguientes párrafos, en los que puede apreciarse el énfasis en torno a la experimentación y a la aplicación del método experimental.

*"...En los cursos de las materias del área de ciencias experimentales, se intenta lograr el equilibrio entre la formación y la información del alumno, haciendo hincapié en que lo importante no es que memorice una serie de conceptos, sino que aprenda cómo se hace la ciencia." Esto último consiste en la aplicación de un método que el estudiante debe adquirir como una disciplina mental para la resolución de cualquier problema, esto es, el método científico experimental". Este último es un proceso lógico y ordenado que permite conocer, de manera rigurosa y objetiva, los fenómenos concernientes a las ciencias experimentales."*<sup>11</sup>

Se puntualizaba también que, aunque esencialmente iguales, el método que maneja un estudiante y el que utiliza un científico, tenían algunas diferencias. El de aquél, habría de ser más elemental dado que los problemas de investigación en el bachillerato eran más sencillos, los recursos y materiales de laboratorio eran limitados, y el conocimiento que el alumno poseía acerca del problema, no resultaba tan profundo como en el hombre de ciencia. Sin embargo, *era importante guiar al estudiante hacia la realización de trabajos de investigación*, por lo que éste no debería conocer de antemano la solución de los problemas abordados. En el marco de la enseñanza en el Colegio, se procuraría que el apoyo bibliográfico respondiera a estas expectativas, a fin de que el trabajo de los estudiantes se mantuviera congruente con el principio de realizar una investigación personal y activa y no una práctica pasiva y repetitiva, que se limitara a reproducir o a comprobar los conocimientos adquiridos.<sup>12</sup>

Para lograr esta finalidad, habría de orientarse al alumno hacia la búsqueda de respuestas a los problemas planteados para los cuales tendría que aportar los correspondientes diseños. Se le enseñaría también a recurrir

<sup>10</sup> *Ibidem.* pp. 11-12

<sup>11</sup> Ortiz de Thomé, C. et al. *Compilación de programas. Documento de trabajo.* 1975-1976. México, UNAM, CCH. (Secretaría Auxiliar Académica). pp. 33-34.

<sup>12</sup> *Ibidem.* p. 33.

a sus conocimientos previos y a la bibliografía pertinente con el fin de aplicarlos en la realización de sus experimentos, los cuales debería montar con sistematización y pulcritud. Por último, se haría énfasis en la redacción correcta de los resultados de las investigaciones y en la importancia de adquirir un método colectivo de trabajo. Para lograr lo anterior, se procuraría fomentar el trabajo en equipo y se buscaría que los resultados y conclusiones de los experimentos, se obtuvieran a través de una discusión en la que participaran, bajo la coordinación del maestro, todos los alumnos de un grupo escolar.

En síntesis, en cada asignatura se buscaría que el alumno se formara en dos diferentes niveles de concreción:

- a) *El nivel de las habilidades en relación con el experimento.* Esto implicaría la observación de fenómenos, el planteamiento de problemas, la realización de experiencias, el análisis de resultados, la obtención de conclusiones y la capacidad para elaborar adecuadamente el informe escrito correspondiente.
- b) *El nivel formativo y de raciocinio.* A este nivel habría de acceder el alumno después de numerosas experiencias de aplicación del método científico, lo cual debería conducirlo a la adquisición de un juicio crítico, de hábitos de observación, de investigación, de análisis y síntesis, de inducción y deducción. Asimismo, debería encaminarlo a desarrollar su creatividad y la habilidad para discutir y fundamentar sus ideas.

De todo esto podría esperarse, como meta última, que el educando adquiriera un gran interés por hacer, obtener y dar a conocer los resultados de la ciencia.<sup>13</sup>

Unos años más tarde, fue publicado por la Unidad Académica del Ciclo de Bachillerato un nuevo documento, el denominado *Programas*, que constituyó un intento más de formalizar y concretar el plan de estudios. En su elaboración participaron más de 100 profesores y ahí puntualizaron lo siguiente:

*"El objetivo del área de método experimental<sup>14</sup>, es el conocimiento del método experimental, la asimilación de sus principios básicos y su aplicación y comprobación en los campos de las ciencias naturales, de la psicología y de las ciencias de la salud."*

Dicho documento ubicó al *método experimental* como núcleo de las materias del área y, para el cuarto semestre, incluía la asignatura llamada propiamente *Método Experimental*, como una síntesis racional de las materias de física química y biología. Ahí se hizo énfasis en la importancia del método científico, no sólo como objetivo básico del área de ciencias experimentales, sino como núcleo vertebrador de todo el plan de estudios, condición que fue explicitada en los siguientes términos:

*"...Una concepción de la ciencia como un proceso siempre repetible de observación, racionalización y aplicación o comprobación, permite comprender, con claridad, el sentido de las asignaturas que constituyen*

<sup>13</sup> *Ibidem.* p. 34.

<sup>14</sup> Nótese que se habla del *área de método experimental*, en vez de hablar del *área de ciencias experimentales*. Tal era la importancia que se daba a dicho método a la sazón.

*el plan de estudios del bachillerato del CCH, la estructura de cada uno de sus programas y la selección de experiencias de aprendizaje..."*

*"...Quienes pretenden hacer ciencia observan primero, los diversos fenómenos o cambios que la realidad les presenta; en segundo lugar, formulan hipótesis que permitan establecer relaciones causales de carácter general (leyes) y en un tercer paso, ratifican esas hipótesis mediante la comprobación o aplicación..."*<sup>15</sup>

Como consecuencia de lo anterior, en todas y cada una de las asignaturas del área de ciencias experimentales que fueron descritas en ese documento, es posible advertir, como denominador común, el manejo del método científico experimental en diferentes niveles de concreción.

Tanta fue la importancia que se le dio en el proyecto del Colegio, a la experimentación y a la aplicación del método científico, que se integró al plan de estudios en el cuarto semestre, una asignatura llamada propiamente *Método Experimental (Física Química Biología)*, que en teoría pretendía que el alumno tomara conciencia acerca de la manera como se genera el conocimiento, cuestionando de manera analítica y sistemática el mundo que le rodea, así como la validez y aplicabilidad de las habilidades adquiridas en ciclos anteriores, *mediante el dominio del método científico experimental*. Se hacía hincapié en que lo importante, no era que el estudiante memorizara una serie de conceptos, sino que los adquiriera *haciendo ciencia*.<sup>16</sup>

Se esperaba que el alumno aplicara el método científico experimental a problemas concretos y que se diera cuenta de que el conocimiento de la naturaleza es interdisciplinario. Se esperaba también que el alumno seleccionara por sí mismo situaciones nuevas e interesantes que lo ayudaran a comprender el mundo que lo rodea.

En dicha asignatura se insistía también en la importancia del trabajo colectivo, el cual garantizaría una más amplia gama de alternativas para la identificación, planteamiento y resolución de problemas, los cuales debían derivarse de la experiencia cotidiana de los alumnos.

El dominio del *método experimental*, requería un análisis de la naturaleza del mismo y un manejo de los elementos que lo integran.

Durante el desarrollo del curso el profesor debía desempeñar un papel de moderador y asesor de las investigaciones y de las discusiones de los alumnos, guiándolos hacia la generación de conclusiones que les permitieran validar lo aprendido, promoviendo en ellos actitudes críticas de observación y análisis a fin de conducirlos a tomar conciencia de su propio proceso de aprendizaje.

Las experiencias de aprendizaje que se organizaran en el aula, tendrían el requisito de comprometer al alumno en situaciones problemáticas para las cuales sería capaz de proponer posibles soluciones, aspirando además, en forma muy ambiciosa, a que las investigaciones se hicieran desde la perspectiva interdisciplinaria.<sup>17</sup>

<sup>15</sup> *Programas. Documento de trabajo*. 1979. UNAM, CCH, DUACB. (Secretaría Auxiliar Académica). p. 3.

<sup>16</sup> *Ibidem*. pp. 75-76.

<sup>17</sup> *Ibidem*. p.78.

Lo hasta aquí señalado, da cuenta de la importancia que revestía el aprendizaje del método científico, para la formación básica de los estudiantes en el modelo educativo del Colegio, con base en aquel plan de estudios aprobado en 1971.

## 2. ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DEL MODELO DE FORMACIÓN CIENTÍFICA ENTRE 1971 Y 1996.

Como ya quedó señalado, en la creación del proyecto educativo del Colegio, se planteó la importancia de la enseñanza del método científico, como un camino para que el alumno aprendiera cómo se construye el conocimiento en las ciencias experimentales. Cuando los documentos de origen del Colegio hablan del manejo del método científico experimental, *no se referían al aprendizaje de los pasos del método sino a que los estudiantes pudieran hacer investigaciones sencillas, gracias a las cuales desarrollarían también su creatividad y tuvieran una visión integrada de la naturaleza. Es decir, su enseñanza se planteó como una manera de contribuir a la formación del educando para aprender a aprender. Sin embargo este aspecto no fue entendido por muchos profesores pues a través del tiempo, su enseñanza se convirtió en algo mecánico e inflexible, en el que sólo se insistía en ciertas etapas o pasos de la receta experimental.*<sup>18</sup>

Una serie de circunstancias adversas, entorpecieron el logro de la formación científica pretendida por el plan de estudios de 1971, mismas que han sido constatadas en investigaciones realizadas, y comentadas reiteradamente en artículos y ponencias presentadas por los profesores en distintos foros académicos.

Para analizar lo ocurrido en el Colegio, es importante principiar por señalar, que *nuestra problemática no es aislada, pues lo mismo sucedió en muchos otros contextos educativos en el mundo. Por lo tanto, consideramos que es preciso hacer un paréntesis para analizar lo sucedido simultáneamente, a nivel mundial, en el campo de la enseñanza de las ciencias.*

Por más de dos décadas, entre 1965 y 1985 el llamado *Paradigma del Descubrimiento* sentó sus bases en las aulas y en los laboratorios de educación científica. Los programas, elaborados dentro de esta orientación, pueden identificarse, por las siguientes características:

- Pedían la aplicación del *método científico* en forma separada de la teoría. Se pretendía que los alumnos *experimentaran* sobre problemas de la naturaleza, muchas veces propuestos por ellos mismos, es decir,

<sup>18</sup> Cruz Ulloa, B. *et al.* "Consideraciones sobre el curso de método científico experimental y el programa indicativo de biología." En: *Cuadernos del Colegio*. 1994. No. 56. pp. 25.

seleccionados sin relación a una determinada teoría que se quisiera probar, o en forma ajena a los contenidos curriculares de la asignatura.

- Propiciaban la recolección de datos en el laboratorio, para de ahí intentar derivar algunos conceptos con lo que se fomentaba el pensamiento inductivo.
- Daban prioridad al estudio de la metodología de investigación, dejando de lado los contenidos temáticos.<sup>19</sup>

No obstante lo anterior, durante la década de los años ochenta empezaron a publicarse aisladamente artículos en los que se reconocía que estos programas *llevaban a los estudiantes a un aprendizaje deficiente y originaban que las materias científicas fueran las menos apreciadas por los alumnos*. En términos generales, esos mismos resultados negativos fueron reconocidos en muchos países del mundo.<sup>20</sup> Algunas de sus principales críticas fueron las siguientes:

- *Presentan una imagen idealizada de la ciencia, constituida por verdades incuestionables; que el alumno tiene que descubrir a través de la experimentación.*
- *Conciben la existencia de un solo método científico dividido en etapas, que el alumno debe aplicar para llegar al descubrimiento y a la verdad.*
- *Dan prioridad al experimento por el experimento en sí mismo; dejando de lado el papel de los conceptos y de la teoría.*
- *Consideran al conocimiento y a las habilidades de pensamiento, como procesos externos al alumno, negando el proceso constructivo del sujeto que aprende.*<sup>21</sup>

En ese mismo sentido, Chamizo afirma que los deficientes resultados obtenidos en la enseñanza de las ciencias durante más de una década, llevaron a que este modelo poco a poco se derrumbara, prácticamente en todo el mundo. *"...Actualmente estamos siendo testigos del tercio, pero inexorable reemplazo de la ciencia para formar científicos, por otra que busca integrar ciudadanos conscientes de su realidad científico-tecnológica. De una enseñanza para unos pocos alumnos capacitados, por otra buena para todos..."*<sup>22</sup>

Cerramos el paréntesis y regresamos al análisis de la problemática de la enseñanza de las ciencias en el Bachillerato del CCH.

Es posible afirmar que los primeros programas del plan de estudios de 1971 de las asignaturas de física, química y biología se sustentaban en las propuestas de textos extranjeros. La copia de esos programas elaborados en otros contextos, sin contar con la infraestructura humana y material para aplicarlos

<sup>19</sup> Gil, D. *La enseñanza de las ciencias y de la matemática*. 1993. pp. 21-24.

<sup>20</sup> Pueden verse al respecto los artículos de : Gil, D. "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias" En: *Enseñanza de las Ciencias*. 1993, 1 (1), pp. 26-33; Hodson, D. "Philosophy of science, science, and science education. En: *Studies on Science Education*. 12, pp. 25-57; Millar, R. y Driver, R. "Beyond processes." En: *Studies on Science Education*, 1987, 14, pp. 33-62.

<sup>21</sup> Gil, D. *La enseñanza de las ciencias y de la...* Op. cit. pp. 21-24.

<sup>22</sup> Chamizo, J.A. "Hacia una revolución en la educación científica en la ciencia" En: *Ciencia*, 1994, (45), 1. pp. 67-78.

correctamente, fue la fuente de muchas deficiencias en la concepción y en la práctica de la enseñanza de las ciencias, desde el principio del Colegio.

Con respecto a la situación de la formación científica en el bachillerato del CCH, en diversos trabajos y foros hemos señalado lo siguiente:

*"...Es un hecho que la investigación pretendida en los proyectos originales del Colegio, no ha arraigado como sistema de enseñanza en nuestras aulas .y que poco a poco se ha retomado a prácticas tradicionales, llenándose el tiempo destinado a la formación científica, con una gran cantidad de contenidos teóricos, que han venido a sustituir a la investigación, o por lo menos , a la aplicación del método científico a la resolución de problemas, olvidando que la finalidad última es lograr una actitud científica en el alumno"* <sup>23</sup>

En otro trabajo referido a los semestres básicos, del 1º al 4º, hemos presentado un análisis acerca de los principales factores que han influido en la problemática afrontada por la enseñanza de las ciencias en el bachillerato, <sup>24</sup> los que pueden resumirse en los siguientes términos:

- a) La falta de un currículum general, organizado en sus diversos niveles de concreción y de programas de estudios obligatorios, ha sido, a nuestro modo de ver, una de las causas principales de los problemas enfrentados, en tanto que ello ha dado origen a la existencia de una gran diversidad de prácticas educativas que se alejaron, muchas veces, de lo pretendido por el modelo educativo del Colegio.
- b) La gran proliferación de programas de estudio, en los distintos planteles y turnos, impidió sistematizar y dosificar el avance gradual de la formación científica que se debía lograr en cada una de las asignaturas. Otro problema significativo reportado al respecto, fue la falta de vinculación entre los programas de las asignaturas del área que trajo consigo, tanto huecos cognoscitivos, como repeticiones.
- c) El gran número de contenidos con los que, poco a poco, se fueron saturando los programas de las asignaturas, hecho que dio como resultado que los alumnos que egresaban de los semestres básicos, no adquirieran, ni la metodología, ni los conocimientos, ni las actitudes científicas esperadas.<sup>25</sup>
- d) La falta de comprensión por parte de los profesores del sentido de la asignatura llamada *Método Experimental*, trajo consigo que el trabajo de investigación fuera sustituido por otros contenidos ajenos al programa, como fueron: el estudio epistemológico o histórico del método científico, algunos temas de estadística no pertinentes al programa, o bien, los contenidos de biología I que no alcanzaron a ser revisados en el curso anterior, dado que era el mismo profesor quien impartía ambas asignaturas en semestres consecutivos.

<sup>23</sup> Gómez C., M. "En defensa de la enseñanza aprendizaje del método experimental." 1992, Ponencia presentada en el *Seminario taller para la revisión del plan de estudios, primera aproximación*, Plantel Sur. Fotocopiado. p. 2.

<sup>24</sup> Gómez C., M. *El método científico en la formación básica del alumnado del Colegio de Ciencias y Humanidades*, 1987, Tesis de grado. México, UNAM, Facultad de filosofía y letras. pp. 55-66.

<sup>25</sup> *Ibidem*. p.126

- e) La carencia de una didáctica apropiada para lograr la formación científica, que atendiera el delicado equilibrio entre la formación y la información
- f) La falta de formación didáctica y profesional del profesorado trajo consigo cierta incapacidad para cubrir las expectativas de la nueva educación de tipo formativo, pretendida por el Colegio. Cabe puntualizar además, que casi ningún profesor del área contaba con la experiencia en investigación que es necesaria para enseñar a los alumnos el manejo de la metodología científica.
- g) El bajo nivel académico con que ingresaban los alumnos al bachillerato, en especial en matemáticas y en comprensión del lenguaje, constituyeron un obstáculo para acceder a la formación científica. Asimismo, los malos hábitos de estudio y el rechazo generalizado hacia las materias científicas, se sumaron a los obstáculos mencionados.
- h) La dificultad enfrentada por los profesores para encontrar un método de evaluación coherente con los objetivos de la pretendida formación científica, ocasionaron que se utilizaran métodos inadecuados que medían más bien conocimientos memorizados, que las habilidades y actitudes involucradas en las tareas de investigación.

Por lo que se refiere al quinto y sexto semestres, es posible hacer los siguientes señalamientos. En tanto que los programas señalaban como objetivo que el alumno debía aplicar el método experimental para aprender los conceptos correspondientes, la práctica mostró, sin embargo, que *estos semestres adquirieron, poco a poco, un sentido propedéutico y fue prácticamente nula la actividad experimental*. Las siguientes citas reflejan, en buena medida, esa realidad:

*"...Parecería que tenemos un alumno que cree que aprende, un profesor que cree que enseña, un alumno que realiza todas la actividades que teóricamente lo llevarían a manejar el método y sin embargo no lo maneja; un profesor que da explicaciones sobre el método experimental, sin darse cuenta, tal vez, de que el método no es un tema que hay que memorizar, sino un instrumento que se debe manejar. los alumnos consideran que el conocimiento teórico, equivale a saberlo manejar..." "...Dada la importancia del método científico experimental en el modelo educativo del Colegio, los docentes buscamos informamos al respecto, sin embargo nos quedamos en un manejo más teórico que práctico y con carencias para propiciar su aprendizaje, ya que los profesores, debido a su formación tradicional, se preocupan más por la información que por la formación de sus alumnos, por los conocimientos, más que por las habilidades y actitudes. Por lo que, si realmente se busca que el estudiante maneje el método experimental, se deben generar espacios de formación metodológica, disciplinaria y pedagógica para los profesores..."*<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Christlieb, I. C. "Dificultades que tiene el alumno del Colegio de Ciencias y Humanidades del sexto semestre, plantel sur, en el manejo del método científico experimental." En: *Memorias del primer foro de investigación en el proceso enseñanza-aprendizaje*. 1981, México, UNAM, CCH, pp. 8-9 y 13-15.

Los párrafos anteriores, describen la situación general. Sin embargo, es necesario recalcar que en el Colegio, existen profesores, que seguramente sí comprendieron la naturaleza de la enseñanza del método experimental. Prueba de ello, es que, año con año, se presentaron numerosos trabajos de investigación realizados por sus alumnos, en los *symposia*, congresos y ferias de la ciencia, que se organizaron. Ello muestra claramente su convicción acerca de los beneficios de estas actividades en la formación científica de los alumnos.

La vasta problemática planteada en los apartados anteriores y los deficientes resultados obtenidos, que revisaremos en el capítulo siguiente, nos permiten afirmar que, en la práctica, las expectativas cifradas en la formación científica de nuestros alumnos fallaron en gran medida. Las diferencias entre lo obtenido y las expectativas planteadas para cada asignatura, y para el área en general, ponen de manifiesto tanto nuestras deficiencias en la aplicación del *modelo por descubrimiento*, impulsado por el plan de estudios de 1971, cómo la necesidad de continuar en la búsqueda de alternativas que incidan eficazmente en la formación científica de nuestros estudiantes.

### **3. LA REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS DEL CCH Y DE LOS PROGRAMAS DEL ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES.**

Como hemos revisado en los apartados anteriores, el plan de estudios original del bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades fue concebido en 1970 y sus programas formales elaborados en los dos años siguientes y modificados, con suerte diversa, a lo largo de la vida del Colegio. Dicho plan, constituyó, a la sazón, una innovación profunda en los estudios de nivel medio superior en México y hoy, a 25 años de distancia, sus enfoques fundamentales, siguen siendo vigentes y han ejercido una influencia todavía no bien valorada en el campo de la educación en nuestro país.

Sin embargo, los problemas y limitaciones enfrentados a lo largo de su historia demandaban con urgencia modificaciones y ajustes tanto al plan de estudios, como a los programas derivados de éste, de manera que sus egresados efectivamente adquirieran una formación de calidad que los capacitara para enfrentar con éxito sus estudios de licenciatura, y para aplicar los conocimientos adquiridos en su vida cotidiana.

Las comisiones encargadas de la revisión del plan de estudios puntualizaron al inicio de sus trabajos algunas interpretaciones erróneas del modelo educativo del CCH que era preciso reformular y corregir. A continuación reseñamos las más significativas en relación con nuestro trabajo:

• *La formulación de dos métodos y dos lenguajes fue útil como esquema de organización de los contenidos de la enseñanza. Sin embargo, por una parte, ni son dos métodos, uno el de las ciencias sociales y otro el de las ciencias experimentales, sino una pluralidad en cada uno de estos campos; ni tampoco, por otra, la matemática o las ciencias de los signos carecen de ellos. Así, métodos y lenguajes, no se excluyen mutuamente.*

• *Algunas expresiones de crítica al enciclopedismo, al subrayar el carácter formativo del plan de estudios del Colegio, opusieron con excesiva radicalidad formación e información. No debemos olvidar, sin embargo, que la primera es imposible sin conocimientos específicos y precisos, y que no es la abundancia de éstos lo que resulta dañino, sino su acumulación sin jerarquía ni estructura, o su mera repetición sin capacidad de obtenerlos por cuenta propia.<sup>27</sup>*

Entre los trabajos realizados para la revisión y actualización del plan y los programas de estudio del bachillerato del CCH, por diversas comisiones, entre 1991 y 1995, pueden destacarse:

- Diagnósticos de los problemas de la enseñanza en todas las áreas.
- Documentos explicativos de los fundamentos de las reformas.
- Diversas aproximaciones a la propuesta de modificaciones del plan y de los programas de estudio.
- Propuestas para los programas de todas las asignaturas.
- Propuestas finales del plan de estudios actualizado y de los programas de todas las asignaturas.

Todos estos documentos se elaboraron recogiendo las aportaciones de la propia comunidad y fueron ampliamente difundidos en los cuadernillos especiales que la Secretaría de Divulgación del Colegio, publicó desde 1992 hasta 1996.

La comisión revisora del plan de estudios para el área de ciencias experimentales, para justificar y avalar el cambio de orientación de la educación científica en el área, emitió diversos documentos que reunieron las opiniones de muchos especialistas y docentes acerca de la problemática de la enseñanza- aprendizaje de dicho método en el Colegio. Por su interés para el tema de este trabajo, entresacamos de algunos de ellos, los siguientes párrafos:

*"...El método científico experimental ha sido uno de los cuatro pilares básicos para la formación del alumnado en el plan de estudios del bachillerato del CCH. Su permanencia en los programas actualizados es incuestionable, si se quiere ser fiel a la especificidad formativa del currículum del CCH. Sin embargo, la problemática enfrentada y los resultados obtenidos, obligan a reflexionar sobre el papel de dicho método en la formación de los alumnos, a especificar cómo debe utilizarse como estrategia didáctica y a precisar en qué asignaturas debe ser ubicado..."*

*"...La importancia del método científico se deriva del postulado "aprender a aprender" y esto nos obliga a rescatar la investigación como metodología de aprendizaje, a fin de lograr que los alumnos aprendan cómo se construye el conocimiento en las disciplinas del área de ciencias experimentales..."*

<sup>27</sup> Comisión especial para la revisión del plan de estudios. *Primera aproximación a la propuesta de modificaciones al plan de estudios*. Cuadernillo No. 25. 11 de abril de 1994. pp. 4-7.

"...es preciso reconocer que no existe un método rígido y único para llevar a cabo una investigación y que los científicos siguen diversas estrategias de indagación de acuerdo a sus concepciones, a la información con que cuentan, a la naturaleza del problema en estudio, y a los recursos de que disponen. Sus investigaciones están llenas de observaciones erróneas, generalizaciones equivocadas y formulaciones inadecuadas, pero es su pensamiento crítico y creativo, aunado a su interés por el objeto de estudio, lo que les permite generar nuevos conocimientos, a través de la constancia en el trabajo..."<sup>28</sup>

"...si queremos que nuestros alumnos del bachillerato aprendan a investigar, es preciso buscar que adquieran los conocimientos y desarrollen las habilidades y actitudes que les permitan hacerlo. La enseñanza de la epistemología del método científico, que ha sido lugar común en las aulas, hasta nuestros días, no contribuye a que los alumnos aprendan a investigar, además de no ser el objeto de estudio de las ciencias naturales..."<sup>29</sup>

"...Por otro lado, la influencia del positivismo en el campo educativo nos legó una concepción estereotipada del método científico. Se intentó reflejar en la actividad del alumno el supuesto comportamiento del investigador, esto es: la observación, la identificación de problemas, el planteamiento de hipótesis, la prueba de las mismas, etcétera. Estas habilidades requieren de conocimientos suficientes sobre el tema de estudio, además de una vasta experiencia acumulada y del ingenio característico del investigador. Por tanto, no pueden ser reducidas a "pasos" ni a los términos de un recetario, pues las estrategias de investigación varían con cada problema que se enfrenta..."<sup>30</sup>

"...A través de la historia de la ciencia, desde Bacon hasta Popper, se ha intentado, tanto analizar las etapas que sigue el hombre de ciencia en sus investigaciones, como identificar la forma de pensar que usa el investigador para lograr un descubrimiento. Esos análisis los han realizado fundamentalmente los filósofos y no los científicos y por ello, han dado como resultado generalizaciones y abstracciones que no han logrado explicar cabalmente el quehacer científico en sus diferentes áreas, ni han podido ser aplicables a toda la ciencia..."

"...Cabría preguntarse si la enseñanza de ese "método" idealizado contribuye a la formación de un científico. El hecho es que la realidad no impone regularidades sobre el investigador, sino que éste crea, consciente y activamente teorías que prueba con rigor; por tanto, no es posible hablar de un método científico, como si se tratara de una serie ordenada de pasos que, ejecutados en forma debida, conducirían invariablemente a la producción de conocimiento científico. De aquí puede concluirse, que enseñar ciencias en el marco de un método estereotipado, es un error, ya que contraviene la creatividad y la libertad del pensamiento característicos del científico..."<sup>31</sup>

"...Para formar a los estudiantes del bachillerato, el método debe ser entendido como una actitud ante el conocimiento, como una actitud abierta, racional y crítica, que despierte y genere creatividad. Así, el método científico no es otra cosa que el trabajo de la razón crítica, que duda de las apariencias, de las generalidades y que rompe con los prejuicios del sentido común. Es decir, duda, crítica y reconstruye los conocimientos..."<sup>32</sup>

<sup>28</sup> Comisión de programas del área de ciencias experimentales. *Acerca del método científico experimental en el bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Cuadernillo No. 39. Enero de 1995. México, UNAM, CCH. p.11

<sup>29</sup> Benítez, B. L. "La formación científica espejismos y realidades." En: *Ciencia*, 1994, (45) 1. México, Academia de la Investigación Científica. pp. 35-42.

<sup>30</sup> Acuña, E. C. "Estimación crítica. Un procedimiento para la enseñanza de la ciencia a nivel universitario." En: *Perfiles Educativos*. 1988, 39, México, UNAM, Centro de Investigaciones y Servicios Educativos. p. 4.

<sup>31</sup> Benítez, B. L. *Op cit.* pp. 36-37.

<sup>32</sup> Seminario de epistemología del plantel Vallejo. "Algunas reflexiones de orden epistemológico para la modificación del plan de estudios." Ponencia presentada a la mesa No. 1 de la consulta sobre la propuesta de revisión del plan de estudios. Publicada en el Suplemento de la *Gaceta CCH*. Mayo de 1994.

*"...Respecto al papel que debe jugar la experimentación en la formación de nuestros estudiantes, es preciso señalar la importancia de evitar el transmitirles la idea de que la experimentación es el único camino para construir el conocimiento de las ciencias naturales, ya que existen problemas cuya naturaleza no permite experimentar, y otros más, a los que el científico tiene acceso simplemente por la consulta bibliográfica, pues la ciencia se ha construido, en buena medida, sobre los conocimientos y las bases teóricas ya aportadas anteriormente por otros hombres de ciencia. De ahí la importancia en nuestras aulas, de evitar el empleo trunco y limitado de la experimentación, entendida como simple repetición de fenómenos, dejando de lado los conocimientos teóricos que explican dichos fenómenos..."*

*"...esto no quiere decir que estamos negando la importancia de la experimentación para la construcción de los conocimientos en las ciencias naturales. Por el contrario, lo reconocemos ampliamente y consideramos que la experimentación es una excelente herramienta didáctica para que el alumno construya sus propios conocimientos y para hacerlo pasar de lo concreto a lo abstracto. Sin embargo, es preciso insistir en la importancia del trabajo de elaboración teórica previo al experimento, y en el cuestionamiento e interpretación de los resultados experimentales a la luz de la teoría..."*

*"...es importante que el alumno se dé cuenta que detrás de la formulación de un problema, del planteamiento de una hipótesis, de la selección de técnicas, etc., siempre existe un marco conceptual que los soporta, es decir, se requiere que exista en las aulas una estrecha vinculación entre la teoría y la práctica..."*<sup>33</sup>

En los siguientes párrafos presentamos una síntesis de las recomendaciones hechas por la citada comisión revisora del plan de estudios, acerca de la reorientación de la formación científica en los programas del área.

a) Se propone *incluir la formación metodológica en todos los semestres del bachillerato, enfocando el proceso de investigación como una herramienta didáctica, con el fin de lograr un cambio conceptual y metodológico en el alumno a través de la resolución de problemas, los cuales deberán abordarse dando la primacía a la reflexión teórica sobre el trabajo experimental.*

b) La investigación en su dimensión educativa, debe utilizarse como una estrategia para formar estudiantes críticos y creativos, capaces de generar sus propias estrategias de razonamiento y de aprendizaje.

c) *La enseñanza de la ciencia debe ser una estrategia que facilite y promueva la acomodación o el reajuste progresivo de los esquemas de conocimiento previos de los alumnos y, por lo tanto, debe conllevar aprendizajes, no sólo del campo de los conocimientos, sino de las habilidades, destrezas, actitudes y valores.*

d) La ciencia debe enseñarse *mediante la combinación de tres tipos de actividades:*

- . El trabajo de investigación de laboratorio, realizada sobre algunos tópicos seleccionados por su riqueza formativa.
- . La revisión crítica de trabajos realizados por otros investigadores.
- . El análisis de la evolución histórica de conceptos en la disciplina.

<sup>33</sup> Comisión de programas del área de ciencias experimentales. *Acerca del Método...Op. cit.* p.13.

- e) Los nuevos programas incluyen como actividades de aprendizaje prácticas, investigaciones bibliográficas e investigaciones experimentales, en los que se irá graduando su dificultad en cuanto a las habilidades intelectuales que requieren y el manejo de conceptos.
- f) Todas las actividades que se proponen en los nuevos programas, pretenden desarrollar en el estudiante la capacidad de análisis y de síntesis así como el ejercicio de actitudes tales como el trabajo sistemático, la iniciativa y la creatividad. Se busca asimismo que el alumno desarrolle capacidades de observación, análisis objetivo, juicio crítico, y comunicación fundamentada de sus propias ideas.<sup>34</sup>

La comisión finaliza el documento, expresando su convencimiento de que *la nueva concepción de la enseñanza de las ciencias, responde al modelo educativo del Colegio*, en cuanto a sus propósitos de enseñar a los alumnos a aprender a aprender, a aprender haciendo y a buscar la formación integral del estudiante. Dado que la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades y actitudes son procesos complejos, se espera que se logren a lo largo de los seis semestres que dura el bachillerato.

Consideran por último, que la estrategia propuesta, conseguirá formar mejor al estudiante y contribuirá a lograr que del CCH egresen personas críticas, con conciencia social de la ciencia y de los muchos métodos con los que se logran los conocimientos, en una palabra, seres pensantes, conscientes de su capacidad transformadora y, por tanto, responsables de su papel social.

### 3.1. EL ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES EN EL PLAN DE ESTUDIOS ACTUALIZADO.

El 11 de Julio de 1996, por unanimidad el Consejo Académico del Bachillerato (CAB) de la UNAM, aprobó la Propuesta de Modificaciones al Plan y los Programas de Estudio del Colegio de Ciencias y Humanidades en presencia del Doctor Jaime Martuscelli Quintana, Secretario general de la UNAM. Los acuerdos y acciones de esta histórica sesión quedaron plasmados en la Gaceta CCH, Año XXII, Número Especial del 12 de Julio de 1996. Dicha propuesta había sido aprobada anteriormente por el H. Consejo Técnico del CCH y fue además analizada detalladamente por los consejeros académicos, los expertos externos de cada asignatura, el colegio de directores de facultades y escuelas y las comisiones de planes y programas de estudios de los cuatro Consejos académicos por área.<sup>35</sup>

Nos referiremos en los siguientes párrafos a las propuestas para el área de ciencias experimentales contenidas en el plan de estudios actualizado, y en diversos documentos que dieron origen al mismo.

<sup>34</sup> *Ibidem*. pp. 13-15.

<sup>35</sup> *Gaceta CCH*, 11 de Julio de 1996. Año XXII, Undécima Época, Número Especial, México, UNAM, CCH. p. 4.

### 3.2 LA ORIENTACIÓN DEL ÁREA.

En el Plan de Estudios Actualizado se proponen como objetivos para el área los siguientes:

- a) Imprimir a los cursos una orientación cultural, es decir, atender a los conceptos básicos de cada disciplina y a las habilidades intelectuales del estudiante, necesarias para abordar la ciencia y la aplicación de los conceptos científicos a su entorno, de manera que obtenga una interpretación del mundo más científica, sistemática, creativa y responsable, que aquella que posee al ingresar al Bachillerato.
- b) Poner al estudiante en situación de construir relaciones Hombre-Ciencia-Naturaleza más armónicas y responsables, dando relieve a la interacción entre ciencia y tecnología y entre medio ambiente y sociedad.
- c) *Agrupar los contenidos de aprendizaje, para efecto de su análisis y visualización, en nociones y conceptos; habilidades y destrezas; y actitudes y valores, pero considerarlos de manera integrada en el proceso de aprendizaje.*
- d) *Buscar que el estudiante adquiera una visión global de las ciencias y de la naturaleza con elementos comunes a las diferentes disciplinas del área, a saber, nociones y conceptos generales presentes en todos los cursos como son cambio, regulación, conservación, regularidad, energía, materia, interacción, sistema, modelo, predicción, contexto del conocimiento científico, historicidad de la ciencia y abordar el estudio de los fenómenos en la perspectiva de cada disciplina, y de sus vinculaciones con otras áreas de conocimiento.*
- e) *Concebir a las ciencias y a las formas como se construyen sus cuerpos de conocimientos, en constante evolución y en relación con los aspectos sociales que dan contexto y sentido a sus trabajos y a la tecnología, en contra de concepciones positivistas y empiristas.*
- f) *Buscar un aprendizaje de los conceptos y de la metodología en una profunda imbricación a lo largo de los cursos de las distintas ciencias del área, y evitar considerar un método científico como objeto de conocimiento.*
- g) *Atribuir, en consecuencia, la importancia y la función adecuada a la experimentación en el aprendizaje de las ciencias, según sus relaciones diversas con los contenidos de las materias del área.*
- h) *Abordar los conocimientos en un contexto universal que reconozca la aportaciones, avances y perspectivas del desarrollo científico y tecnológico nacional.*
- i) *Incorporar los elementos que eliminan el desfase de los contenidos de aprendizaje de los programas vigentes con los avances científicos y tecnológicos actuales.*
- j) *Extender a dos cursos semestrales obligatorios la enseñanza de cada una de las ciencias fundamentales del área para incrementar la formación científica de nuestros alumnos y eliminar sus desventajas para emprender carreras científicas y técnicas.*
- k) *Enseñar Química los dos primeros semestres y Biología y Física simultáneamente en tercero y cuarto. Mantener cursos optativos de Química, Física y Biología en quinto y sexto semestres.*
- l) *Considerar el proceso de investigación como la estrategia de trabajo en clase más idónea para el logro de los propósitos del área, proponiendo que los alumnos desarrollen procesos de indagación al realizar sus aprendizajes.*
- g) *Contribuir al aumento de vocaciones para el estudio de carreras científicas y tecnológicas* <sup>36</sup>

<sup>36</sup> Grupo de síntesis. *Plan de estudios actualizado*. 1996. Bachillerato del CCH. pp. 53-54. Versiones preliminares pueden verse en: Aguilar Casas, M. et. al. *Las áreas en el plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades Cuadernillo No. 37*. 1995. p.11. También en: Comisión de programas del área de ciencias experimentales. *Acerca del método experimental en el bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Cuadernillo No. 39. 1995. pp. 10 y ss.

El área de ciencias experimentales consta de cursos obligatorios y optativos. Para los cuatro primeros semestres, se tienen dos cursos obligatorios de cada una de las disciplinas básicas del área. Estos cursos constan cada uno de cinco horas semanales y están distribuidos de la siguiente manera:

PRIMER SEMESTRE	SEGUNDO SEMESTRE	TERCER SEMESTRE	CUARTO SEMESTRE.
Química I (5 horas semanales)	Química II (5 horas semanales)	Física I (5 horas semanales)	Física II (5 horas semanales)
		Biología I (5 horas semanales)	Biología II (5 horas semanales)

En el quinto y sexto semestres los estudiantes cursarán obligatoriamente una asignatura afín a los estudios de licenciatura que hayan seleccionado (Física III y IV, Química III y IV, Biología III y IV) y tendrán la opción de llevar una más de esas tres asignaturas. Los estudiantes que ingresarán a licenciaturas de otras áreas tendrán obligación de cursar únicamente una de ellas. Las asignaturas de Psicología y Ciencias de la Salud, se agrupan con materias de otra opción y no son excluyentes entre sí, ni excluyentes con respecto a las asignaturas básicas del área.<sup>37</sup>

Respecto a la nueva orientación de la enseñanza de las ciencias, se afirma en los documentos actualizados que *éstas permitirán al estudiante modificar sus estructuras de pensamiento y mejorar sus estrategias y procesos intelectuales, además de proporcionarle información y metodologías básicas para interpretar mejor la naturaleza y entender el contexto en el que surge el conocimiento científico.* Esta orientación cultural atiende a los conceptos básicos de cada disciplina y a la forma en que se construyen esos conceptos, así como a las habilidades intelectuales del estudiante necesarias para abordar la ciencia, y la aplicación de los conceptos científicos a su entorno, de manera que obtenga una interpretación del mundo más científica, sistemática, creativa y responsable, que la que posee al ingresar al bachillerato. Se espera que la integración de las ciencias a la cultura del bachiller influya también en su interacción con el medio.<sup>38</sup>

Los cursos promoverán el análisis y la reflexión de las relaciones hombre-ciencia-naturaleza, para lograr en el alumno una ética de responsabilidad individual y social en relación con los avances de la ciencia y la tecnología, que le permitirá contribuir a la construcción de una relación armónica entre la sociedad y el ambiente. Los

<sup>37</sup> Grupo de síntesis. *Plan de estudios actualizado*. UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades. Unidad Académica del Ciclo de Bachillerato. 12 de enero de 1996. p.78.

<sup>38</sup> Comisión de programas del área de ciencias experimentales. *Las Áreas en el... Op. cit.* p. 12.

aspectos tecnológicos y la educación ambiental se encuentran inmersos en los cursos del área y se atienden según el tema estudiado y no como temas o capítulos en sí mismos.

En los cuatro primeros semestres se busca una integración entre las disciplinas del área, en forma de presencia de contenidos, comunes a las tres, no solo por la imposibilidad de impartirlas en secuencia temporal, una después de otra, sino por la necesidad de propiciar en el estudiante la comprensión de la unicidad de la naturaleza. Se propone una graduación de los aprendizajes tanto en lo conceptual como en lo metodológico y el propósito de mantener, como base del aprendizaje, el proceso de investigación.

Las disciplinas del quinto y sexto semestres, pretenden complementar la formación iniciada en los cuatro primeros semestres. Para ello se conservan los aspectos centrales del área y se favorecen las síntesis conceptuales y metodológicas. Siguen siendo las nociones y la metodología científica lo que relaciona a las asignaturas de Física, Química y Biología.<sup>39</sup>

### 3.3. MARCO CONCEPTUAL DEL ÁREA.

El marco conceptual para el área de ciencias experimentales se expone en los documentos *Las áreas en el plan de estudios del bachillerato del CCH* y *Marco conceptual para los programas de estudio del área de ciencias experimentales*, en los que la comisión de programas del área de ciencias experimentales hace puntualizaciones que permiten comprender mejor el sentido de la enseñanza en el área, de las cuales entresacaremos aquellos aspectos importantes en relación con nuestro trabajo:

En relación con la corriente educativa que fundamenta la propuesta de nuevos programas la comisión revisora puntualiza que después de analizar diversas corrientes educativas contemporáneas, para la elaboración de los nuevos programas se tomaron elementos de algunas, *especialmente del constructivismo*; sin embargo, sostiene que su convicción fue no adherirse a una sola orientación, sino *hacer una síntesis de todos aquellos aspectos congruentes con el modelo educativo del Colegio*, que resultaran útiles para resolver los problemas del área.<sup>40</sup>

Respecto a la conceptualización de la ciencia en los programas actualizados, se conciben tanto a las ciencias, como a las formas como se construyen sus conocimientos, como procesos dinámicos y globales en constante evolución. El conocimiento científico es el resultado de una actividad humana de carácter social e histórico, ya

<sup>39</sup> *Ibidem.* pp. 12-13.

<sup>40</sup> Comisión de programas del área de ciencias experimentales. *Marco conceptual del área de ciencias experimentales*. 1995. p.3.

que es determinado por las condiciones sociales, económicas y culturales de cada época; en especial las interpretaciones de dicho conocimiento, son modificadas por las corrientes de pensamiento vigentes. Tiene asimismo un carácter antidogmático, pues siempre está abierto a las modificaciones que resulten del avance de la investigación en cualquier campo.<sup>41</sup>

Por lo que toca al objetivo de la enseñanza de las ciencias se propone que el estudiante incorpore a su cultura no solamente conocimientos, sino métodos, habilidades, actitudes y valores. Todo ello para favorecer:

- . Una interpretación más lógica y más fundamentada de la naturaleza.
- . Disminuir la incidencia del pensamiento mágico y doctrinario.
- . Buscar que la interacción con la tecnología sea más consciente y responsable.

En resumen, se propone que los estudiantes se formen una interpretación del mundo más científica, más coherente, más sistemática y ética, contribuyendo así a lograr tanto su madurez intelectual, como su formación científica y su desarrollo actitudinal positivo. Se espera incidir finalmente en su desempeño exitoso y en su realización personal y social como profesionistas y como ciudadanos.<sup>42</sup>

Los contenidos que se aborden en las diversas asignaturas tendrán una orientación cultural lo que significa que se atenderán solamente los contenidos básicos de la disciplina, las habilidades intelectuales necesarias para abordar la ciencia, la aplicación de los conceptos científicos a su entorno y aquellos valores y actitudes que fomenten una ética de responsabilidad frente a las relaciones hombre-tecnología-sociedad, ya que el hombre se concibe como parte integral de la naturaleza, a cuyo servicio se encuentra la misma. Se propone abordar los conocimientos en un contexto universal, pero dando énfasis a las perspectivas del desarrollo científico y tecnológico nacional y a los aportes de México a la ciencia universal.

Se busca asimismo, proporcionar al alumno una noción global de las ciencias de la naturaleza por medio de nociones y conceptos generales que sean elementos comunes a las diferentes disciplinas que se estudian en el área de ciencias experimentales. Estos elementos unificadores inciden en las estructuras básicas del pensamiento del alumno y son los grandes principios que subyacen en el conocimiento de cualquier ciencia. Entre las nociones y conceptos que se incluyen en los programas podemos citar: *cambio, regularidad, sistema, proceso, modelo, distancia crítica, contexto del conocimiento científico, evolución de los conceptos, unidad de la naturaleza, equilibrio, diversidad, energía, materia, etcétera.*<sup>43</sup>

<sup>41</sup> Aguilar Casas, M. et. al. *Las Áreas... Op. cit.* p.13.

<sup>42</sup> *Ibidem.* p. 14.

<sup>43</sup> *Ibidem.* p. 15.

Respecto a los conceptos básicos de cada disciplina, la comisión propone que deben brindar solidez académica al estudiante para adquirir nuevos conocimientos de la ciencia objeto de estudio y deben ser contextualizados a partir de los procesos sociales, lo que confiere al estudio de las ciencias un enfoque humanista.

Se insiste también en la importancia de una búsqueda de los conocimientos previos de los alumnos para dar base a los nuevos conceptos. Se plantea la necesidad de procurar el desarrollo de estrategias de pensamiento, así como la formalización conceptual, de una manera gradual y sistemática, partiendo de lo concreto y cercano al alumno, hacia tópicos más complejos, pero necesarios para conformar su cultura científica.<sup>44</sup>

Respecto al enfoque metodológico para la enseñanza de las ciencias, se propone que todo el proceso de enseñanza aprendizaje sea centrado en el estudiante y que se busque el aprendizaje significativo. Se considera a la ciencia como una actividad constructiva que se da en el marco de una teoría que se encuentra en continuo reajuste. La enseñanza de la ciencia debe ser una estrategia que facilite y promueva la acomodación o reajuste progresivo de los esquemas de conocimientos previos de los alumnos, lo cual supone un desarrollo gradual de sus conocimientos, destrezas, actitudes y valores, a través de procesos de investigación bibliográfica y experimental. Se concibe a la ciencia y su metodología como necesariamente unidas, en todas las asignaturas. A la metodología científica se le concibe como un proceso dinámico y global, que no es único ni infalible y que no es divisible en pasos o compartimientos estancos. Su aplicación debe ser un camino para construir nuevos conocimientos, a partir de un sistema teórico que los sustente y su enseñanza supone trascender las divisiones de un reporte científico.<sup>45</sup>

Para garantizar la formación del estudiante en el sentido que proponen los cursos del área, la comisión sugiere que el método de enseñanza se caracterice por:

- Organizar las actividades de enseñanza y aprendizaje con base en situaciones problemáticas de interés para el estudiante, a través de la vinculación de los contenidos con la realidad circundante.
- Abordar los contenidos de acuerdo con las ideas previas y forma de razonamiento de los alumnos, de manera que éstos puedan expresar sus opiniones, relacionar entre sí las ideas, elaborar preguntas y avanzar en sus explicaciones.
- Procurar un análisis de los problemas en distintas perspectivas.

---

<sup>44</sup> Comisión de programas para el área de ciencias experimentales. *Marco Conceptual... Op. cit.* p.10.

<sup>45</sup> *Ibidem.* pp. 15-16.

- Promover la participación individual y colectiva en la formulación y en la resolución de los problemas planteados.<sup>46</sup>

Las funciones del profesor en esta nueva perspectiva serán las siguientes:

- Orientar y conducir el proceso en torno a la formulación y resolución de problemas.
- Procurar que la generación de ideas se haga con base en los intereses y capacidades de los estudiantes.
- Promover, guiar y supervisar la búsqueda de información, a través de la investigación bibliográfica y experimental, así como su posterior interpretación y comunicación, para la estructuración de nuevas explicaciones.<sup>47</sup>

Sobre la evaluación en esta nueva metodología didáctica, la comisión propone que sea parte integral del proceso docente, es decir, formativa y siempre asociada a las experiencias de aprendizaje, evitando, en la medida de lo posible que existan momentos específicos de evaluación. Debe propiciarse que los resultados de esta última sean retroalimentadores, para que los alumnos aprendan tanto de sus aciertos como de sus errores y el profesor pueda establecer procedimientos didácticos alternativos, en caso de que los resultados así lo sugieran.<sup>48</sup>

La enseñanza de las ciencias basada en estos planteamientos propiciará que el alumno descubra su propia creatividad; la investigación lo alentará a buscar explicaciones, llegando a elaborar juicios críticos y a valorar las opiniones propias y ajenas con respeto y objetividad. Con este enfoque se busca trascender los aprendizajes declarativos, producto de una enseñanza dogmática de la ciencia.

Los conceptos, habilidades, destrezas y valores cuyo desarrollo integrado se propone en el área, permitirán que el estudiante egresado reúna el siguiente perfil: <sup>49</sup>

- Comprenda la naturaleza, sus cambios y los principios que los explican en forma integral, dándose cuenta de que las diferentes disciplinas aportan explicaciones desde el campo que les es propio; comprenda que la búsqueda de los patrones de regularidad de los fenómenos naturales, permite generalizaciones que se enuncian como principios, pero que éstos no son verdades acabadas de validez eterna y universal.
- Adquiera una visión de la ciencia coherente con la cultura de nuestra época, prescindiendo de posturas dogmáticas y relacionando el conocimiento científico con el contexto histórico en que se da.
- Se interese en la ciencia y valore el desarrollo científico y tecnológico, así como su función social, ubicando las aportaciones y la situación del país con relación al desarrollo mundial.

<sup>46</sup> *Ibidem.* p.15.

<sup>47</sup> *Ibidem.* p.18.

<sup>48</sup> *Ibidem.* pp. 18-19.

<sup>49</sup> *Ibidem.* pp. 19-20. También en: Comisión de Síntesis. *Plan de Estudios Actualizado. Op. cit.* pp. 60-62.

- Aplique adecuadamente los conocimientos informativos y metodológicos, a la comprensión de sí mismo y de lo que le rodea.
- Desarrolle una ética de responsabilidad y de compromiso con la naturaleza y con el hombre mismo, siendo consciente de su papel individual y social en el desarrollo de relaciones armónicas entre la sociedad y el medio ambiente.
- Desarrolle habilidades académicas para lograr un pensamiento flexible, creativo, crítico, objetivo y fundado, que le permita elaborar juicios y generar sus propias estrategias para acceder al conocimiento.
- Desarrolle una valoración objetiva de sus capacidades, alcances y perspectivas, orientada al crecimiento de su autoestima.
- Logre una mejor comunicación oral y escrita en temas relativos a las ciencias naturales, haciendo uso de una terminología científica trabajada en los cursos.
- Lea y comprenda la literatura científica dirigida a estudiantes del nivel medio superior y la literatura de divulgación científica.

Con el fin de avalar las afirmaciones sustentadas en este capítulo y presentar indicadores del aprendizaje de los estudiantes del CCH respecto al manejo y aplicación del método experimental, en el capítulo siguiente presentaremos los resultados de una investigación llevada a cabo por la autora de este trabajo, con alumnos que egresaron del bachillerato en el ciclo escolar 1994-1995. Los deficientes resultados obtenidos fundamentan ampliamente tanto la necesidad de una nueva orientación para la formación científica en el área, como la necesidad de formar al profesorado para tal fin.

A la solución de ambas necesidades, quiere contribuir nuestro trabajo.

## CAPITULO II

# INVESTIGACIÓN SOBRE EL APRENDIZAJE DEL MÉTODO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL EN ALUMNOS DEL BACHILLERATO DEL CCH.

### 1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En el capítulo anterior hemos descrito ampliamente las pretensiones del modelo educativo del CCH respecto a la formación científica del alumnado, así como los problemas reportados por la comunidad docente del área de ciencias experimentales en relación con dicha formación. Cabe recordar que como mencionamos en el capítulo anterior, el manejo del llamado *método científico experimental* fue considerado en el plan de estudios de 1971, el objetivo central de la formación científica y el eje y núcleo de las asignaturas del área de ciencias experimentales. Con el fin de fundamentar más ampliamente una nueva propuesta para enseñar ciencias, en este capítulo presentaremos los resultados obtenidos en una investigación realizada en el ciclo escolar 1994-1995, con los alumnos que concluían el 6o. semestre de bachillerato. Dado que en el Colegio se entendía por *manejo del método científico experimental*, el que los alumnos adquirieran los conocimientos básicos sobre el mismo, y mostraran capacidad para aplicarlo a la resolución de problemas, el objetivo de dicha investigación fue determinar en qué medida alcanzaban los alumnos lo anterior al finalizar su bachillerato.

### 2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

A pesar de que la investigación educativa señala que para conocer el avance logrado en un cierto proceso educativo se requiere tomar medidas al principio y al final del mismo, cabe aclarar que en la investigación llevada a cabo no consideramos necesario realizar nuevamente una medición de inicio, dado que en estudios anteriores, habíamos ya determinado y reportado el conocimiento y el manejo del método experimental que mostraban los alumnos al ingresar al Colegio.<sup>1</sup> En dichas investigaciones se encontró que más del 90% de los alumnos de nuevo ingreso, obtenían puntuaciones en el azar esperado y que, el 99.9%, no aprobaban el examen. Esta situación nos resultó explicable dado que en el ciclo de enseñanza secundaria del que provienen nuestros alumnos, no es usual que se enseñe este tema y menos aún, que se aplique. Dichos resultados nos permitieron confirmar que la enseñanza-aprendizaje del método científico experimental

---

<sup>1</sup> Gómez, C.M. *El método científico en la formación básica del alumnado del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Tesis de maestría, 1987, México, UNAM; Facultad de Filosofía y Letras. pp. 116-121. También en: Gómez, C.M. *Estudio longitudinal del aprendizaje del*

correspondía propiamente al ámbito del bachillerato y que, por tanto, podía considerarse una medida del aprendizaje logrado, el resultado del examen aplicado a los estudiantes al final del ciclo.

Las investigaciones anteriores, nos permitieron también optimizar el tamaño de la muestra, dado que repetidas veces mostraron que no existían diferencias estadísticamente significativas en muestras correspondientes a diferentes turnos y planteles.<sup>2</sup>

## 2.1. ANTECEDENTES DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN.

El instrumento de medición que se utilizó en la presente investigación tuvo como antecedente un examen de diagnóstico de 33 reactivos, elaborado en 1985 por la autora de este trabajo.<sup>3</sup> Dicho examen fue revisado, corregido y ampliado, transformándose en una versión de 60 reactivos que fue utilizada en 1988, en una investigación en la Facultad de Química.<sup>4</sup> Posteriormente, este mismo instrumento se volvió a probar en cuanto a su validez con una muestra piloto de alumnos del sexto semestre de bachillerato, para ser utilizado en esta investigación.<sup>5</sup>

## 2.2 ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LA CONFORMACIÓN TEMÁTICA DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN.

Los conceptos y conocimientos sobre el MCE que debería manejar el alumno al finalizar el bachillerato son los siguientes:

- Comprensión de los procesos de investigación y experimentación.
- Comprensión de algunas características básicas de la metodología experimental.
- Manejo de la metodología científica.
- Conocimientos y habilidades matemáticas básicas para el uso de la metodología científica.<sup>6</sup>

Los subtemas correspondientes a cada rubro, así como los reactivos correspondientes a dichos subtemas, se detallan en la tabla 1.

*MCE en tres planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades.* Producto de labores académicas. 1987. UNAM, CCH. Plantele Sur. pp. 55 y ss.

<sup>2</sup> Gómez, C.M. *El método científico...* Op. cit. pp. 97 y ss.

También en: Gómez, C.M. *Estudio longitudinal...* Op. cit. pp. 55 y ss.

<sup>3</sup> Este instrumento puede verse en: Gómez, C.M. *El método científico...* Op. cit. pp. 144 y ss.

<sup>4</sup> Gómez, C. M.; Chavarría, M. L. y Peralta, D. *Investigación sobre el manejo teórico-práctico del MCE con alumnos egresados de diversas modalidades de bachillerato.* 1988, UNAM, Facultad de Química. Departamento de Ciencia Básica. Fotocopiado.

<sup>5</sup> Dicho instrumento se incluye como anexo No. 1.

<sup>6</sup> El contenido de los reactivos se basó en tres fuentes: 1) *Programas (Documento de trabajo)*. UNAM, CCH, DUACB. 2) Los programas de la asignatura de método experimental de los cinco planteles. 3) La opinión de profesores con experiencia en impartir la asignatura de método experimental.

**ANÁLISIS DEL CONTENIDO TEMÁTICO DE LOS REACTIVOS DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN**

Tabla 1

RUBROS TEMÁTICOS QUE CONFORMAN EL EXAMEN	SUBTEMAS POR RUBRO	REACTIVOS CORRESPONDIENTES A CADA SUBTEMA	TOTAL	POR-CENTA-JE
Comprensión de los procesos de Investigación y Experimentación	Generalidades y Aplicaciones de la Investigación y de la Experimentación	1,2,3,4,5	5	8.3
Comprensión de algunas características básicas de la metodología científico experimental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ubicación e importancia de la información bibliográfica</li> <li>- Comprensión de la Metodología y del diseño experimental</li> <li>- Validez de resultados y elaboración de las conclusiones</li> </ul>	<p>8,9,10,11,12</p> <p>13,28,29,56</p> <p>6,7</p>	11	18.3
Manejo de la metodología científico-experimental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Delimitación del problema</li> <li>- Planteamiento de hipótesis</li> <li>- Manejo de variables</li> <li>- Procesos de medición</li> <li>- Representación y análisis de datos</li> <li>- Elaboración de conclusiones</li> <li>- Elaboración de informe</li> </ul>	<p>16,53</p> <p>17,18,19,20,54</p> <p>21,22,23,24,25,26,27,55</p> <p>30,31,32,33</p> <p>45,46,47,48,49,50,57,58</p> <p>54,60</p> <p>14,15</p>	31	51.6
Conocimientos y habilidades matemáticas básicas para el uso de la metodología científico experimental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conversiones de unidades</li> <li>- Manejo de notación científica</li> <li>- Proporcionalidad</li> <li>- Manejos del lenguaje algebraico</li> <li>- Gráficas y funciones</li> </ul>	<p>34,35,36,37,38</p> <p>39</p> <p>40</p> <p>41,42,43,44</p> <p>51,52</p>	13	21.6

Es preciso señalar como una limitación importante de nuestra investigación que, dada la naturaleza teórico-práctica de la metodología científico experimental, el instrumento utilizado no pudo medir la capacidad de aplicación práctica de dicho método. Sin embargo, dado que el examen incluyó un problema muy similar a los que se ponen en práctica en el laboratorio, a nosotros nos resultó suficiente para lograr las metas propuestas para esta investigación.

La tabla No. 2 muestra la clasificación del nivel de complejidad de los reactivos del instrumento para cada uno de los rubros del examen <sup>7</sup>, así como su ponderación en porcentaje, con respecto al total de los reactivos del mismo. Puede observarse que el examen cubrió cuatro niveles del dominio cognoscitivo y que, hasta un 20% de preguntas correspondieron al nivel de análisis. Por lo tanto, no se trató de un examen elaborado para medir únicamente conocimientos, sino que abarcó también los niveles de comprensión, aplicación y análisis. Además, se procuró que este instrumento permitiera al educando evocar las acciones cognoscitivas y prácticas que se ponen en juego en el laboratorio, frente a un problema concreto.

La tabla No. 3 a su vez, muestra el contenido de cada reactivo y el tipo específico de dominio cognoscitivo al que corresponde. <sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Bloom, B. et al. *Taxonomy of educational objectives*. Handbook I. 1965. p. 13.

<sup>8</sup> *Idem.*

**CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DE LOS REACTIVOS POR RUBRO**

Tabla 2

<b>RUBRO</b>	<b>NIVEL DE CONOCIMIENTO</b>	<b>NIVEL DE COMPRENSIÓN</b>	<b>NIVEL DE APLICACIÓN</b>	<b>NIVEL DE ANÁLISIS</b>
Comprensión de los procesos de investigación y experimentación		1,2,4,5	3	
Comprensión de algunas características básicas de la metodología científico experimental.	6,7,8,9,10, 11,12,13,29		28	56
Manejo de la metodología científico experimental	14,15,17,18,21,22,23,27,30,45,46,47	16,20,32,48,49	19,24,25,26,31,33,55	50,53,54,57,58,59,60
Conocimientos y habilidades matemáticas básicas para el uso de la I metodología experimental	42,43,44	35	34,36,37,38,39	40,41,51,52
<i>Total de reactivos de cada nivel</i>	24	10	14	12
<i>Porcentaje</i>	40%	16.6%	23.3%	20%

## CONTENIDO TEMÁTICO Y NIVEL DE DOMINIO DE LOS REACTIVOS DEL EXAMEN

Tabla 3

No.	Contenido Temático del Reactivo	Nivel de Dominio			
		Conocimientos de	Comprensión de:	Aplicación de:	Análisis de:
1.-	Finalidad de una investigación		conceptos		
2.-	Distinguir entre observar, experimentar e investigar		conceptos		
3.-	Capacidad de observación			habilidades	
4.-	Comprensión de los fines de la experimentación		interpretación		
5.-	Aplicaciones de la experimentación		interpretación		
6.-	Validez de las conclusiones experimentales	critérios			
7.-	Validez de los modelos científicos	critérios			
8.-	Ubicación e importancia de la información bibliográfica	modos-medios			
9.-	Identificación del marco teórico previo a la investigación	modos-medios			
10.-	Investigación de fuentes de información bibliográfica	modos-medios			
11.-	Utilidad de las referencias bibliográficas	modos-medios			
12.-	Elementos que conforman una ficha bibliográfica	convenciones			
13.-	Orden lógico de la secuencia de la experimentación	secuencias			
14.-	Sentido de un informe de investigación	critérios			
15.-	Contenido de un reporte de investigación	secuencias			
16.-	Identificación de un problema de investigación		interpretación		
17.-	Significado de una hipótesis	critérios			
18.-	Identificación de la hipótesis como relación de variables	relaciones			
19.-	Aplicación del concepto de hipótesis			conceptos	
20.-	Comprobación experimental de hipótesis		interpretación		
21.-	Significado de la variable independiente del experimento	convenciones			
22.-	Control de variables en la experimentación	metodología			
23.-	Identificación y control de variables	metodología			
24.-	Identificación de la variable independiente			conceptos	
25.-	Identificación de la variable dependiente			conceptos	
26.-	Identificación de las variables que hay que controlar			conceptos	
27.-	Papel del lote testigo en un experimento	metodología			
28.-	Identificación del lote control en un problema			conceptos	
29.-	Características de un buen muestreo	convenciones			
30.-	Precisión de un instrumento de medición	modos-medios			
31.-	Determinación de la precisión de un instrumento			conceptos	
32.-	Medición de la precisión		interpretación		
33.-	Cálculo de la incertidumbre de una medición			conceptos	
34.-	Convertir quebrados a decimales			conceptos	
35.-	Actitudes y habilidades matemáticas		interpretación		
36.-	Conversión de unidades de tiempo			conceptos	
37.-	Cálculo de tanto por ciento			conceptos	
38.-	Manejo de conversiones del Sistema Métrico Decimal			conceptos	
39.-	Manejo de notación científica			convenciones	
40.-	Relación de proporcionalidad directa				relaciones
41.-	Análisis de datos experimentales				relaciones
42.-	Traducción al lenguaje algebraico de una relación		traducción		
43.-	Uso del lenguaje algebraico		traducción		
44.-	Uso del lenguaje algebraico		traducción		
45.-	Objeto del análisis estadístico	modos-medios			
46.-	Concepto de desviación estándar	convenciones			
47.-	Normas y convenciones para el trazado de gráficas	convenciones			
48.-	Convenciones para el trazado de gráficas		interpretación		
49.-	Interpretación de relaciones en gráficas		interpretación		
50.-	Interpretación de una gráfica de relación inversa				relaciones
51.-	Ecuación de una gráfica				relaciones
52.-	Aplicación de logaritmos para linealizar una función				relaciones

Continúa en la página siguiente.

## CONTINUACIÓN DE LA TABLA 3.

54.-	Identificación de hipótesis a partir de datos				relaciones
55.-	Identificación de variables en un experimento			conceptos	
56.-	Manejo y control de variables				relaciones
57.-	Criterios de utilización de gráficas para un experimento				relaciones
58.-	Identificación de la gráfica de un experimento				relaciones
59.-	Contrastación de hipótesis a partir de datos				relaciones
60.-	Contrastación de datos a partir de hipótesis				relaciones
PONDERACIÓN		35%	21.6%	23.3%	20%

## 2.3. ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD Y DE LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO.

Todo instrumento que se utilice en una investigación debe satisfacer ciertos criterios de confiabilidad y validez. Para obtener los parámetros correspondientes al instrumento utilizado en nuestra investigación, se aplicó el programa de computadora U.S.83/04, desarrollado en la Unidad de Sistemas de la Coordinación del CCH, para evaluar exámenes de opción múltiple. El análisis técnico-pedagógico que realiza la computadora revisa la pertinencia, complejidad y planteamiento correcto de cada reactivo, sobre la base del análisis de sus parámetros de dificultad, discriminación, calidad de las opciones para cada pregunta, en relación con la muestra a la que se aplica. En nuestro caso, el examen fue probado en su confiabilidad y dificultad para la población estudiantil del CCH a la que fue aplicado en esta investigación.

Para evaluar la confiabilidad de un examen de opción múltiple, el programa computacional toma en cuenta los siguientes factores:

- Número de preguntas.
- Número de opciones por pregunta.
- Dispersión total de las respuestas de la población.<sup>9</sup>

Nuestro instrumento satisfizo el requisito de confiabilidad dado que la probabilidad de acertar al azar, se redujo a 1/5 por pregunta., es decir al 20%.<sup>10</sup> La desviación estándar estimada, si se contestara al azar, fue de 3.3 aciertos.

Dado que uno de los parámetros de confiabilidad de un examen es que la probabilidad de aprobar al azar sea muy pequeña, para este instrumento la confiabilidad fue buena, dado que la probabilidad de acertar al azar a 36 preguntas, que serían las necesarias para aprobar, se redujo casi a cero.

<sup>9</sup> Stuckton, F. y Quesada, R. "Estadística aplicada a las pruebas de rendimiento escolar". En: *Evaluación del aprovechamiento escolar*. 1982. Publicación del CISE, UNAM, pp. 38 y ss.

<sup>10</sup> Esto significa que para 60 preguntas, los alumnos que contestaran al azar, podrían acertar al 20% del examen, es decir a doce preguntas, con lo que obtendrían dos de calificación en escala de cero a diez.

Otra estimación de la confiabilidad de un instrumento de medida es la precisión del mismo, es decir, que los resultados obtenidos sean similares al aplicarlo a diversas muestras estudiantiles, con la condición de que la medición se lleve a cabo en situaciones análogas (edad, turno escolar, nivel educativo, etcétera).

Para nuestro instrumento, estos requisitos fueron satisfechos, dado que, en la aplicación del mismo a muestras estudiantiles de los cinco planteles del CCH, se obtuvieron valores equivalentes para los índices de confiabilidad, dificultad y validez, así como resultados globales prácticamente idénticos.

En la siguiente tabla se muestra el reporte estadístico computarizado del examen.

### REPORTE ESTADÍSTICO COMPUTARIZADO DEL EXAMEN

Tabla 4

Media total de aciertos	22.645
Desviación total de aciertos	6.14
Varianza total de calificaciones	37.73
Población estudiantil	502
Número de opciones	5
Porcentaje de reactivos buenos	75.00
Porcentaje de reactivos defectuosos	25.00
Porcentaje de alumnos que contestaron correctamente	37.64
Porcentaje de alumnos que contestaron incorrectamente	62.25
Coefficiente de confiabilidad KR21	0.637
Coefficiente de confiabilidad deseado	0.800
N de Spearman Brown	2.279
Coefficiente de Confiabilidad dividido por mitades	0.663
Error estándar estimado	3.701
Valor de comparación del coeficiente Z(I,J)	2.330
Valor de comparación de significancia T(I,J)	2.330

#### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN:

Mínimo 30 reactivos  
Mínimo 40 reactivos  
Mínimo 50 reactivos

S SUFICIENTE  
B BIEN  
MB MUY BIEN

#### DICTAMEN EMITIDO POR LA COMPUTADORA:

EL EXAMEN ES UN INSTRUMENTO CON CONFIABILIDAD MEDIA Y DIFICULTAD MEDIA

## 2.4. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA.

Para la estimación del tamaño de muestra, tomamos como base los datos arrojados por una versión del mismo examen de diagnóstico que fue aplicada a los estudiantes que finalizaban el 6o. semestre del bachillerato del Colegio en el ciclo escolar 1992-1993.<sup>11</sup> Dicho examen fue validado estadísticamente y sus resultados mostraron, para todos los planteles y turnos, homogeneidad de medias de conocimiento. Estos resultados nos permitieron calcular el tamaño de muestra para la presente investigación y así, realizar la selección con mayor comodidad.

Para optimizar tiempos y recursos, la estimación se calculó con un nivel de confianza del 95%, con margen de error del 5% y la selección de alumnos se llevó a cabo por muestreo aleatorio simple. Se procedió a calcular el tamaño de muestra para realizar el presente estudio.

Se realizó una prueba piloto con 57 alumnos del 6o. semestre con muestreo aleatorio simple. Esta muestra arrojó los siguientes resultados:

Media de aciertos $\bar{X} = 22.79$
Desviación estándar $S = 5.6$
Tamaño de la población $n = 57$

El error estimado para esta muestra con un 95% de confianza fue:

$e = 1.96 S^2 / n$
$e_1 = 1.453806$
$e^* = e_1 / \bar{X} \times 100$
$e\% = 6.38\%$

Para una muestra que redujera el error al 5% con un nivel de confianza del 95%, se calculó como sigue:

$$e\% = 5\% \quad e = 1.1394737 \quad n_2 = e_1^2 n_1 / e_1^2$$

$$\text{Tamaño de muestra} \quad n_2 = 93$$

Este tamaño de muestra fue para cada plantel, por lo que el tamaño de la muestra global, que incluyó a los cinco planteles del bachillerato del CCH, resultó ser de  $93 \times 5 = 465$  estudiantes.

<sup>11</sup> Gómez, C. M. et al. *Estudio diagnóstico sobre el aprendizaje del MCE en contraste con la experiencia vivida por los alumnos que egresan del bachillerato del CCH*. Producto de labores académicas 1992-1993. UNAM, CCH, Plantel Sur, fotocopiado.

Para trabajar con números redondos, se decidió realizar la medición con 500 alumnos en total, es decir, 100 estudiantes del sexto semestre por plantel. Cabe puntualizar que en algunos planteles se aplicó el examen a un poco menos de 100 estudiantes, pero siempre dentro del tamaño de muestra requerido.

## **2.5. APLICACIÓN DEL EXAMEN.**

El método de selección para la muestra que participaría en la investigación, fue el aleatorio simple al azar. De los grupos de sexto semestre que funcionan en cada plantel, se escogieron cuatro al azar (entre 25 y 30 alumnos en promedio, por grupo). Con la ayuda de la secretaría de servicios estudiantiles de cada plantel se invitó a los alumnos a colaborar con la investigación. Se cuidó que la muestra se integrara con alumnos regulares y que hubiera balance de género.. Se aplicó el examen en las mismas condiciones en los cinco planteles, utilizando sesiones de clases de dos horas, tiempo suficiente para resolver el examen. Se motivó a los alumnos a cooperar y se les informó que los resultados no contarían para su evaluación en ninguna asignatura.

## **2.6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

Los datos obtenidos se procesaron aplicando nuevamente el paquete de computadora U.S. 83/04. Con este programa se realizó el análisis estadístico de los resultados del examen y se obtuvieron calificaciones por alumno, por plantel y resultados globales.

## **3. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

Antes de presentar los resultados obtenidos en esta investigación, es importante establecer sus alcances y señalar sus limitaciones.

A) Como ya hemos dicho, la evaluación del aprendizaje del MCE, se limitó a medir conocimientos esenciales y la capacidad del alumno de aplicarlo a un problema que se propuso como parte del cuestionario escrito. Reconocemos que esta forma de evaluación, dejó fuera habilidades y aptitudes prácticas. Es preciso señalar que una medición más adecuada y completa del manejo del MCE, dada su naturaleza experimental, tendría que haberse complementado con la resolución de un problema empírico, real, "sobre la mesa".. Sin embargo, las condiciones para llevar a cabo esta forma *ideal* de evaluación, hubieran sido muy difíciles de lograr en la práctica, dada la magnitud del tiempo y de los recursos que hubieran sido necesarios. Por tanto, no tuvimos otra alternativa que restringir nuestra investigación a la aplicación de un cuestionario de opción múltiple, que midiera, con cierta aproximación, el nivel de dominio del MCE. En este sentido cuidamos que los reactivos abarcaran los

niveles de aplicación y análisis y que el problema planteado en el examen, fuera lo más similar posible a la realidad vivida por el alumno en los cursos del área.

## 4. RESULTADOS.

### 4.1. CON RESPECTO AL APRENDIZAJE DEL MCE.

La tabla 5 muestra los resultados, globales y por plantel, con relación al aprendizaje del MCE que logran los alumnos que egresan del bachillerato.

**RESULTADOS GLOBALES Y POR PLANTEL  
(CALIFICACIONES PROMEDIO Y PORCENTAJES DE APROBACIÓN)**

Tabla 5

PLANTEL	NO. DE ALUMNOS	PROMEDIO DE CALIFICACIÓN $\bar{X}$	DESVIACIÓN ESTÁNDAR $d$	% DE APROBADOS
Azcapotzalco	94	35.51	10.10	7.45
Naucalpan	104	38.09	10.18	13.46
Vallejo	102	39.33	9.75	16.50
Oriente	99	38.35	9.47	11.11
Sur	99	37.66	9.91	10.10
GLOBAL	499	37.9	10.07	11.6

En esta tabla se observa que las calificaciones promedio son similares para todos los planteles, lo que nos permite afirmar que no existen diferencias en los conocimientos comprobables de los alumnos, independientemente del plantel al que pertenezcan. Cabe señalar que lo anterior concuerda con los hallazgos de otras investigaciones realizadas en el área de ciencias experimentales y en la de matemáticas.<sup>12</sup>

La media de calificaciones no rebasó el 40% en ningún caso, es decir, 4 de calificación en escala de 0 a 10. La aprobación global no superó el 12%, por lo que, a nivel de todo el bachillerato, la reprobación fue del 88%, valor muy cercano al encontrado en las investigaciones citadas anteriormente. Cabe señalar también que, alrededor del 10% de los estudiantes obtuvieron aciertos en el rango del azar esperado.

<sup>12</sup> Gómez, C. M. *El método científico...* Op. cit. pp. 98 y 104. Puede verse también: Stoll, P. et al. *Resultados del examen de diagnóstico en matemáticas aplicado a 20,000 estudiantes de la ENP y del CCH de la UNAM*. 1980. Documento interno de trabajo de la coordinación del CCH, UNAM.

En cuanto a los resultados por plantel, se observó que en el plantel Vallejo el porcentaje de alumnos aprobados resultó ser ligeramente mayor; además de que el porcentaje de alumnos con aciertos en el azar, fue el menor de todos. Sin embargo, no hubo diferencia significativa al aplicar las pruebas estadísticas correspondientes. La tabla 6 muestra la distribución de calificaciones, en términos de frecuencia y porcentaje por plantel.

### FRECUENCIA Y PORCENTAJES DE CALIFICACIONES

Tabla 6

CALIFICACIÓN	MB		B		S		NA	
	F	%	F	%	F	%	F	%
PLANTEL								
AZCAPOTZALCO	0	0	0	0	7	7.4	87	92.5
NAUCALPAN	0	0	2	1.9	12	11.5	90	86.5
VALLEJO	0	0	1	1	15	14.7	86	84.3
ORIENTE	0	0	1	1	10	10.1	88	88.9
SUR	0	0	1	1	9	9.0	90	90.0
GLOBAL	0	0	5	1	53	10.6	441	88.4

En cuanto a las calificaciones obtenidas puede apreciarse que:

- Sólo 58 alumnos aprobaron el examen. Ello representa el 11.6% de la muestra total de estudiantes que egresan del bachillerato. El porcentaje global de no aprobados fue de 88.4%.
- No hubo alumnos con calificación de MB (muy bien) y sólo el 1% de alumnos obtuvo calificación de B (bien).

### RESULTADOS GLOBALES POR RANGO DE ACIERTOS Y CALIFICACIONES

Tabla 7

NO. DE ACIERTOS	CALIFICACIÓN	NO. DE ALUMNOS		ACUMULADOS	
			%		%
9-15	2.5	48	9.6	48	9.6
16-20	3.3	129	25.9	177	35.5
21-25	4.16	176	35.3	353	70.9
26-30	5.0	98	19.7	451	90.6
31-35	5.83	35	7.0	486	97.6
36-40	6.6	8	1.6	494	99.2
41-45	7.5	4	0.8	498	100
46-50	8.3	0	0.0	---	---
51-55	9.2	0	0.0	---	---
56-60	10.0	0	0.0	---	---
TOTAL		498	100%		

En esta tabla se puede observar que el 90.6% de alumnos alcanzó, como máximo, el 50% de aciertos. Se presentó asimismo una alta concentración de alumnos con calificaciones de 3 y 4 (en la escala del 0 al 10). La

máxima puntuación lograda en el examen, correspondió a la calificación de 7.5 (45 aciertos), la cual no llega a representar ni siquiera el 1% de la población estudiada.

Puede observarse que el número mayor de aciertos se encontró en el intervalo comprendido entre 21 y 30, rango donde se localizaron también la media, la moda y la mediana, lo que permite apreciar que, en cuanto a aciertos, existió una distribución cercana a la normal.

### **DOMINIO QUE PRESENTARON LOS ESTUDIANTES POR RUBRO Y SUBTEMA DEL EXAMEN.**

Los rubros temáticos que conformaron el examen fueron los siguientes:

- Comprensión de los procesos de investigación y experimentación
- Comprensión de algunas características básicas de la metodología experimental.
- Manejo de la metodología científico experimental.
- Habilidades matemáticas necesarias para el uso de la metodología experimental.

En la tabla 8 se muestran los resultados del dominio mostrado por los estudiantes, con respecto a los rubros temáticos y sus subtemas. De ella pudimos extraer las siguientes observaciones:

- En el rubro *Comprensión de los procesos de investigación y experimentación*, el porcentaje promedio de conocimientos de los estudiantes fue de 72.8%. A este rubro le correspondieron 5 reactivos del examen con una ponderación del 8.3%. Fue en este punto en el que los alumnos obtuvieron el más alto porcentaje de conocimientos, resultando el único rubro con promedio aprobatorio en toda la prueba.
- Para el rubro *Comprensión de algunas características básicas de la metodología experimental*, al que le correspondió el 18% de las preguntas del examen, el aprendizaje promedio fue del 47%. Los tres subtemas en los que se subdividió este rubro, presentaron porcentajes similares al del resultado global (47%).

- En lo que respecta al rubro más importante del examen, *manejo de la metodología científico experimental*, al que correspondieron el 52% de las preguntas, se observó que los estudiantes obtuvieron un 35.4% global de dominio. se observó asimismo que los subtemas con mayor aprovechamiento fueron: *planteamiento de hipótesis* (51%); *delimitación del problema* (47%) y *normas para la elaboración del informe* (41%). A los subtemas *manejo de variables, análisis y representación de datos y elaboración de conclusiones* les correspondió un 33% en promedio. El tema de menor dominio fue el de *manejo de procesos de medición*, al cual le correspondió un 18% de aprovechamiento.
- Por último, para el rubro *conocimientos y habilidades matemáticas para el uso del MCE*, el porcentaje promedio de dominio fue del 37.6%. También en este punto, los subtemas mostraron heterogeneidad de resultados, siendo el de *conversión de unidades* el que resultó con mejor dominio (49%). Los temas de *proporcionalidad y manejo de lenguaje algebraico* resultaron con un 33% en promedio de aprovechamiento. En cuanto a los subtemas *gráficas y funciones y manejo de notación científica*, los porcentajes de dominio resultaron ser los menores, (22%).
- Cabe destacar que el promedio general de dominio de los cuatro rubros que abarcó el examen fue de apenas 40.6%.

## 4.2. VALIDACIÓN DEL EXAMEN SOBRE LA BASE DE SUS RESULTADOS.

Dado que es una exigencia metodológica el revisar la adecuación técnico-pedagógica de un examen, es decir, su contenido y adecuación pedagógica para la muestra estudiantil que se investiga, en este apartado presentamos la evaluación correspondiente.

Las bases que sustentan los análisis estadístico y pedagógico que realizamos al contenido del instrumento, provienen tanto del reporte emitido por la computadora, como de la propia experiencia en investigación educativa.

Respecto al balance de reactivos el examen quedó conformado de la siguiente manera:

- El mayor número de reactivos correspondió al nivel de conocimiento con 24 preguntas (40% del examen).
- El segundo lugar lo ocuparon los reactivos del nivel de aplicación, con un total de 14 preguntas (23%).
- En tercer lugar se encontraron las preguntas correspondientes al nivel de análisis, con un total de 12 (20%).
- El cuarto lugar lo ocupó el nivel de comprensión con 10 reactivos (16%).

El porcentaje de reactivos "buenos" o "muy buenos" reportado por la computadora, fue de 75% lo cual correspondió a 45 reactivos. Del 25% restante, que el programa calificó como *mejorables*, se hizo una revisión

cuidadosa en cuanto a contenido y se encontró que la mayoría de preguntas no tenían error, pues medían exactamente lo que se quería evaluar. Solamente el 5% de los reactivos resultaron *defectuosos* y, por tanto, se tomaron en consideración para la calificación solamente 56 preguntas.,

La computadora, calificó al instrumento como:

*UN INSTRUMENTO CON CONFIABILIDAD MEDIA Y DIFICULTAD MEDIA.*

## **5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

Para enmarcar debidamente la interpretación de los resultados de nuestra investigación, es preciso recordar que nos propusimos realizar una investigación con los alumnos que egresaban del 6o. semestre del bachillerato en el ciclo escolar 1994-1995, con el fin de contar con un diagnóstico del aprendizaje del método científico experimental, el cual era considerado en el plan de estudios anterior, como el núcleo fundamental del aprendizaje en todas las asignaturas del área.

Teniendo en cuenta estos lineamientos institucionales y tomando como base los resultados expuestos en el apartado anterior, presentamos a continuación la interpretación de los mismos y las conclusiones de esta investigación.

### **5.1. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL APRENDIZAJE DEL MCE.**

Los resultados del aprendizaje recogidos a través de este estudio, muestran un deficiente aprovechamiento por parte de nuestros alumnos quienes, después de haber cursado las materias del área de ciencias experimentales, *no logran un aprendizaje aceptable del método científico experimental.* Esto se afirma sobre la base de los resultados siguientes:

- El porcentaje promedio de reprobación para los cinco planteles fue de 88.4%.
- La media de aciertos, en un examen de 60 reactivos sobre los aspectos centrales que requiere el manejo del MCE, fue apenas de 22.2 reactivos (equivale a 4 de calificación en escala de 0 a 10).
- La media global de calificaciones fue de 3.79 en escala de 10.
- Sólo 58 alumnos, de los 502 que compusieron la muestra, aprobaron el examen, es decir, el 11.4%. En consecuencia, podemos afirmar que los estudiantes que egresan del bachillerato no demostraron poseer ni los conocimientos ni la capacidad para aplicar el método científico experimental, de acuerdo con los objetivos pretendidos por el anterior plan de estudios del colegio.
- Todos los planteles obtuvieron valores medios similares y las diferencias entre ellos no resultaron significativas, estadísticamente hablando.. Esto, aunado al diseño de la investigación, sirve de apoyo para generalizar que

cualquiera de los resultados obtenidos en un plantel particular, se puede considerar como representativo de la población total del bachillerato del CCH.

- Es importante volver a hacer notar aquí, que los resultados de esta investigación coinciden, casi puntualmente, con los hallazgos reportados por investigaciones anteriores realizadas dentro y fuera del CCH.

De acuerdo con esta información podemos concluir que las muestras poblacionales estudiadas son representativas del bachillerato del Colegio y que el instrumento utilizado tiene probada validez y confiabilidad, dado que los resultados obtenidos coinciden con los de otros instrumentos aplicados en el marco de otras investigaciones análogas.<sup>14</sup>

- En términos de eficiencia terminal, después de un proceso de enseñanza aprendizaje de seis semestres, en los cursos del área de ciencias experimentales que debían tener como núcleo fundamental la aplicación del MCE, el porcentaje de aprobación puede considerarse sumamente bajo, dados los seis semestres que, de acuerdo con el plan de estudios del CCH, los alumnos estudiaban teórica y prácticamente el método experimental. Podemos afirmar también que el Colegio no lograba uno de los objetivos fundamentales propuestos para la formación de sus alumnos.

## 5.2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS SOBRE EL DOMINIO DE CADA UNO DE LOS RUBROS DEL EXAMEN.

- Con respecto al dominio que presentan los estudiantes por cada uno de los rubros y subtemas que comprendió el examen, señalamos que el único rubro que aprobaron con 7.2 de calificación promedio fue el de *comprensión de los procesos de investigación y experimentación*, contenido que revisó únicamente generalidades. Sin embargo, en lo referente a los rubros mas importantes del examen por su relación con los objetivos de la formación científica, el dominio que presentaron los alumnos fue deficiente, ya que en el rubro *comprensión de*

<sup>14</sup> Gómez C., M. *Estudio sobre el aprendizaje del MCE con estudiantes egresados del 4o. semestre de los planteles Sur, Azcapotzalco y Vallejo del CCH.* 1987. Este estudio encontró que las poblaciones estudiantiles para turnos y planteles son estadísticamente iguales. Este estudio involucró a 1 500 estudiantes. La media de calificación encontrada fue de 37.4 en la escala de 100 y el promedio de aprobación fue del 7.5%

Gómez C., M. *Estudio longitudinal del aprendizaje del MCE en tres planteles del CCH.* 1987. Este estudio mostró igualdad de medias, de varianzas entre turnos y planteles. Los porcentajes del promedio de aciertos en el examen de conocimientos y de aprobación fueron 44.4% y 11.6% respectivamente.

Gómez C., M.; Chavarría, M. L. y Peralta, D. *Estudio comparativo del manejo teórico-práctico del MCE por alumnos de nuevo ingreso a la Facultad de Química procedentes de distintos subsistemas de bachillerato.* 1988. En este estudio se observó, que no existen diferencias significativas entre las medias de conocimientos de los subsistemas de bachillerato. El porcentaje promedio de conocimientos fue de 47.8%, porcentaje que resultó ligeramente mayor al de los otros estudios, dado que la población que egresa del bachillerato e ingresa a la Facultad de Química, está orientada hacia la formación científica.

*algunas características básicas de la metodología científico experimental.* logran un 47% y en el de *manejo de la metodología*, el dominio correspondiente fue de 35%.

Es importante resaltar que en los subtemas *manejo de procesos de medición*, *manejo de notación científica* y *manejo de gráficas y funciones*, el dominio resultante fue de aproximadamente 20%. No es necesario argumentar la importancia de estas tres habilidades fundamentales, para la aplicación de la metodología experimental.

En cuanto al dominio del rubro *conocimiento y habilidades matemáticas básicas para el uso del MCE.*, los resultados fueron del orden del 40%, de lo cual puede interpretarse que los alumnos poseen tan sólo un 40% de las herramientas matemáticas indispensables para la aplicación del método experimental.

Con relación al manejo global de los cuatro rubros, que en conjunto representan los conocimientos y habilidades indispensables para el manejo y aplicación de la metodología científico-experimental, el dominio promedio mostrado por los alumnos correspondió al 40% de lo que deberían saber.

## 6. CONCLUSIONES.

1. El aprendizaje que mostraron los alumnos respecto al método científico experimental al terminar los seis semestres que dura el bachillerato puede considerarse, a todas luces, muy deficiente. Puede afirmarse, en consecuencia, que no se lograron los objetivos de la formación científica pretendida en el anterior plan de estudios del bachillerato del CCH.
2. Dado que todos los planteles estudiados presentaron idénticos resultados, puede afirmarse que la deficiencia en este campo del aprendizaje, fue un fenómeno común a todo el Colegio.
3. Hemos podido probar que los resultados obtenidos bajo la aplicación del *modelo por descubrimiento*, en el que se priorizaba la aplicación del método científico, la experimentación sin suficiente fundamento teórico, y la investigación autónoma por parte del alumno, no redituó resultados positivos, al menos, en nuestro ámbito. Sin embargo, como lo detallaremos en el capítulo siguiente, los pobres resultados obtenidos de la aplicación de dicho modelo, no fueron privativos de nuestra institución, sino similares en todos los países en que se puso en práctica.
4. Dado que la formación científica del alumnado reviste una gran importancia, pues constituye una línea definitoria del modelo educativo del CCH, es importante reorientarla y trabajar en una nueva propuesta que permita avanzar hacia el logro de las expectativas académicas de nuestra institución.

Convencidos de que la aplicación sistemática de un nuevo enfoque puede ayudar a los profesores del área de ciencias experimentales a afrontar los retos de la aplicación de los nuevos programas de estudio y a ofrecer a nuestro alumnado una formación científica de mayor calidad, es nuestra intención en este trabajo, fundamentar teórica y metodológicamente una nueva orientación para la enseñanza de las ciencias y desarrollar, asimismo, una propuesta de formación de profesores que contribuya a la transformación del pensamiento docente y de la práctica educativa en nuestra institución.

Ambas propuestas se enmarcan en los lineamientos de los programas actualizados del CCH y en el área de conocimiento llamada *didáctica de las ciencias* que se ha desarrollado fructíferamente en diversos países del mundo en las últimas décadas y que, desde los lineamientos del constructivismo, ofrece expectativas positivas a la renovación de la enseñanza de las ciencias. Bajo su marco desarrollaremos los fundamentos teóricos y metodológicos de nuestras propuestas.

## CAPITULO III

### LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

#### 1. SU JUSTIFICACIÓN.

Es nuestro interés, en este apartado, justificar la *didáctica de las ciencias* como un campo específico de conocimiento con características propias; analizar su génesis, fundamentar su marco teórico, y caracterizar los problemas que son su objeto de estudio.

Es preciso empezar por señalar que las didácticas específicas (de las ciencias, de las matemáticas, de la lengua, etcétera) han sido consideradas áreas de conocimiento con características propias, desde hace menos de dos décadas. Muchos especialistas aún no aceptan esta especificidad y no acaban de ponerse de acuerdo respecto a cuál debe ser la ubicación del estudio de la mismas, ya sea como parte del campo científico que les confiere la especialidad, o bien como parte de la didáctica general.

Con anterioridad a los años setentas, y aún hasta nuestros días, se consideraba a la *didáctica de las ciencias* como un área de conocimiento vinculada básicamente a la disciplina científica correspondiente. Su enseñanza se impartía en las universidades, como adicional a los conocimientos científicos, y no se disponía de ningún referente teórico específico, pues se presumía que el eje principal del discurso lo proporcionaba la propia lógica de la disciplina. En algunas carreras universitarias se incluía alguna asignatura denominada didáctica de la especialidad, frecuentemente de carácter optativo y a ser cursada solamente por aquellos alumnos que pensaban incluir la docencia entre sus actividades profesionales. Era usual que las disciplinas científicas las enseñaran los especialistas en la disciplina, mismos que no contaban con más formación inicial que la científica, y casi ninguna relacionada con la docencia. Era habitual, asimismo, que en congresos de química, de física, de psicología, de pedagogía y de muchas otras especialidades, se abrieran secciones dedicadas a la exposición de trabajos sobre didáctica de las ciencias, sin concedérsele ninguna especificidad propia. Por otro lado, en las normales superiores, facultades de educación, posgrados universitarios relacionados con la pedagogía y en otras escuelas dedicadas a la formación para la enseñanza, a los futuros maestros del área de ciencias se les proporcionaba, y en muchos lugares se les proporciona hasta la fecha, una formación especializada en algunos aspectos generales de la educación como filosofía, psicología, sociología, historia y didáctica general, ésta última desvinculada, la mayoría de las veces, de la enseñanza de cualquier contenido concreto relacionado con

las ciencias. Ello pone de manifiesto la tendencia a considerar a cualquier didáctica específica como subconjunto de la didáctica general.

Incluso algunos especialistas del área han llegado a considerar inadecuado el uso del término *didáctica* para caracterizar investigaciones relacionadas con la enseñanza de las ciencias. De hecho, en el mundo de habla inglesa se habla de *Science Education* y no de *didáctica*, término que sí es utilizado en la mayoría de los países europeos (Francia, España y Alemania).<sup>1</sup> Por nuestra parte, para referirnos a esta área de conocimiento, hemos decidido respetar el término *didáctica de las ciencias* que usan la mayoría de los trabajos que hemos consultado para la realización de este trabajo.

## 2. SU EVOLUCIÓN.

Aunque el reconocimiento de la *didáctica de las ciencias* como área de conocimiento es muy reciente, diversos antecedentes científicos y sociales parecen justificar su constitución como un campo específico de investigación y docencia.

Sus orígenes podemos ubicarlos en la reforma del currículum llevada a cabo a principio de los años setentas, a raíz de la *Conferencia para el Desarrollo de la Educación* organizada por la UNESCO, celebrada en París en 1971, organismo que sugirió para los niveles de enseñanza media, una revisión profunda de las materias científicas, que condujera a promover su enseñanza y que tuviera en cuenta el análisis de los conceptos científicos, más que su transmisión. Asimismo, se invitaba a introducir en los programas los contenidos resultantes de la investigación de los últimos 50 años, ya que se consideraba un gran desfase entre el desarrollo de la ciencia a la sazón, y la ciencia que se enseñaba en las escuelas, basada en libros de texto obsoletos. Por último, se exhortaba a vincular la teoría con los hechos, a través de un incremento del trabajo experimental y de investigación.<sup>2</sup>

Gracias a las orientaciones de dicha *Conferencia*, muy pronto se tomó conciencia de que, efectivamente, tanto la motivación de los estudiantes hacia las ciencias como sus puntos de partida conceptual y procedimental, condicionaban fuertemente la eficacia de la enseñanza, y que la renovación curricular debía dirigirse en ese sentido y abarcar todos los niveles educativos. A fines de la década de los años sesenta, a los equipos de investigadores y diseñadores curriculares provenientes del campo de las ciencias, se sumaron profesionales de otros campos de conocimiento, como psicólogos, epistemólogos, historiadores de la ciencia, pedagogos, sociólogos, etcétera, con el propósito de vincular el campo de la educación con el de las ciencias. Así, un psicólogo como Gagné, por ejemplo, dirigió un famoso proyecto de enseñanza de las ciencias. Por otro lado,

<sup>1</sup> Sanmartí, N. "Proyecto docente e investigador en didáctica de las ciencias." 1995. Universidad Autónoma de Barcelona. Material inédito proporcionado en estancia de investigación por la autora. Fotocopiado. p.10

<sup>2</sup> Faure, E. et al. *Aprender a ser. La educación del futuro*. 1972. pp. 56 y 127.

algunos científicos, a su vez, dirigieron sus esfuerzos hacia el estudio del campo psicológico; un ejemplo de ellos fue R. Karplus, físico de la Universidad de Berkeley, quien estudió psicología con Piaget en Ginebra y posteriormente dirigió el proyecto *Science Curriculum*, dirigido a la educación científica.<sup>3</sup>

A esta época corresponden también proyectos de enseñanza experimental para todas las disciplinas científicas como el *College Introductory Physical Science Commite* (IPS)(1965); el *Biological Science Curriculum Study* (BSCS) (1968) y los diferentes proyectos de la *Fundación Nuffield* (Física Química y Biología) generados a partir del año 1963. Todos ellos fueron elaborados por comités que reunían a científicos de reconocido prestigio, a pedagogos, psicólogos y a profesores experimentados.<sup>4</sup>

Así empezó a considerarse en el campo de la enseñanza de las ciencias, no sólo la disciplina científica, sino también cómo aprenden los alumnos, cómo se ha generado la ciencia a través de la historia, cuál es la diversidad de métodos de enseñanza que se habían puesto en práctica hasta entonces, qué resultados habían arrojado, qué condicionamientos sociales influían en ellos, etcétera.

Con estas acciones interdisciplinarias, empezó la estructuración formal del campo teórico de la *didáctica de las ciencias* y, con ello, se ha fortalecido como un área de conocimiento, vinculada a muchas otras, pero que no puede considerarse un área derivada de ninguna de ellas.

Una consecuencia de la reestructuración rápida de este campo de conocimiento, fue la aparición de diversas revistas de investigación, como lo fueron, entre otras, el *Journal Research in Science Teaching* en 1964, *Studies in Science Education* en 1974, *European Journal of Science Education* en 1979 y *Enseñanza de las Ciencias* en 1983.

También pertenecen a estos años los primeros libros sobre *didáctica de las ciencias* fundamentados en un marco teórico específico, en contraste con los publicados hasta ese momento, mayormente orientados a proporcionar recursos generales para la enseñanza. Al mismo tiempo se inició la organización de congresos nacionales e internacionales donde se ponían en común los resultados de la investigación en el área de la enseñanza de las ciencias, al margen de los dedicados a cada una de las diferentes disciplinas científicas, con una mayor tradición hasta ese momento. Es el caso por ejemplo, de los congresos organizados en España por la revista *Enseñanza de las Ciencias*, el primero de los cuales tuvo lugar en el año de 1985. En los últimos años se han llevado a cabo hasta congresos especializados en subtemáticas de la *didáctica de las ciencias* como es la de *Misconceptions*, línea en la que la universidad de Cornell, N.Y. ha organizado sistemáticamente congresos desde 1983. Otras líneas específicas de investigación que han dado lugar a congresos internacionales desde

<sup>3</sup> Sanmartí, N. *Proyecto docente e investigador...* Op. cit. p.11.

<sup>4</sup> IPS. *Ciencias físicas. Versión latinoamericana*. 1967. Cali, Colombia, Norma; BSCS *Ciencias biológicas. De las moléculas al hombre*. 1973. México, CECSA; De entre la abundante literatura de la Nuffield Foundation podemos mencionar: *Nuffield junior science*. 1987. Londres, W. Collins Sons & Co; Nuffield Foundation, *Science teaching project: Química, curso modelo fases I y II*. 1970. Barcelona, México, Reverté

1969, son, entre otras, epistemología de la ciencia, historia de las ciencias, enseñanza específica, educación ambiental, etcétera.<sup>5</sup>

El incremento de la investigación en el campo de la *didáctica de las ciencias* ha sido muy importante en los últimos 15 años. Un ejemplo lo constituye, la base de datos *ERIC*, que recoge actualmente más de 50.000 trabajos, realizados en los últimos 10 años, sobre temas relacionados con la didáctica de las ciencias.

La revista *Science Education* ha venido resumiendo cada año los trabajos publicados en las principales revistas de lengua inglesa, clasificados según sus temáticas. Un análisis de estos resúmenes permite identificar la evolución de los trabajos en este campo y destacar las investigaciones sobre las ideas previas del alumnado, sobre experiencias prácticas en el aula y sobre la vinculación de la ciencia con la tecnología y la sociedad (CTS).

En 1986 tuvo lugar en California una reunión de científicos, psicólogos, pedagogos y profesores de ciencias, con el fin de discutir los desafíos, y tendencias innovadoras para establecer las líneas de investigación en el campo de la didáctica de las ciencias. En 1987 se publicó un resumen de los principales focos de la discusión, entre los cuales se destacaron los siguientes:

- *El creciente consenso sobre la naturaleza constructivista del aprendizaje.*
- *La nueva visión sobre los currícula de ciencias, con una visión de ciencia integrada dirigida a la formación de los estudiantes como futuros ciudadanos.*
- *Una nueva visión sobre la enseñanza en la que tienen mucha importancia las ideas del profesor sobre la naturaleza de la ciencia y sobre cómo se aprende.*
- *Una creciente aplicación de las nuevas tecnologías, especialmente de las relacionadas con la informática.*<sup>6</sup>

Otros estudios recapituladores se dieron cita con motivo de los 10 años de la revista *Enseñanza de las Ciencias*. El trabajo de Daniel Gil, por ejemplo, describe y analiza la orientación y temáticas de los trabajos publicados, y apunta que el estudio de las concepciones alternativas de los estudiantes, llamadas también ideas previas o preconceptos, abrió una vía muy fecunda para la realización de estudios, que aún se mantiene. En los últimos años, se han incrementado notablemente las investigaciones sobre nuevas aproximaciones a la enseñanza de los conceptos y procedimientos científicos y a la reflexión sobre el trabajo en el aula. Al mismo tiempo, hay muchos más trabajos relacionados con las ideas de los enseñantes, tanto los que se refieren a sus concepciones científicas, como a sus puntos de vista sobre la ciencia, su enseñanza y su aprendizaje.<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Sanmartí, N. *Proyecto docente e investigador...* Op. cit. p.12.

<sup>6</sup> Linn, M. "Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations." En: *Journal of research on science education*. 1987, 24 (3). pp. 191-216.

<sup>7</sup> Duit, R. "Research on students conceptions: developments and trends." Ponencia en la memoria del *Third seminary on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. 1993. Universidad de Cornell, N.Y.

Todo apunta pues, a un rápido desarrollo de una nueva comunidad científica, de un nuevo campo de investigación y como lo señala Gil "...*hoy es ya posible construir un cuerpo de conocimientos en el que se integren coherentemente los distintos aspectos relativos a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias...*"<sup>8</sup>.

Más tarde, y en otras latitudes, en 1994 fue publicado el primer *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*<sup>9</sup> editado en EUA por la National Association of Research on Science Teaching (NARST, Georgia, EUA) que recoge, sintetiza y reconceptualiza la investigación norteamericana realizada en el área durante este siglo. El trabajo es, sin duda, muy importante, ya que recoge la evolución de la investigación en diferentes campos y se hacen, asimismo, propuestas para orientar la investigación futura. Sus capítulos están organizados en cinco apartados, que llevan los significativos títulos de *Teaching, Learning, Problem Solving, Curriculum y Context*.<sup>10</sup>

Aunque algunas de las temáticas resumidas en este libro son analizadas sin un claro referente teórico, en buena parte de los 19 capítulos se hace hincapié en que la concepción constructivista de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias es su principal referente teórico conceptual. En algunos trabajos, aún sin referirse a esta corriente, los presupuestos abordados no son contradictorios con esta orientación.

En las últimas décadas ha aumentado considerablemente el número de revistas de investigación especializadas en el campo de la didáctica de las ciencias, así como libros que presentan un marco teórico general de la enseñanza de las mismas. Al tiempo, empezaron a aparecer los primeros proyectos relacionados con la enseñanza de las ciencias, muchos de los cuales se elaboraron con la participación de científicos, psicólogos y pedagogos para conformar, paulatinamente, un nuevo marco teórico específico en el que se conjuntan aportaciones epistemológicas, psicológicas y pedagógicas.

Desde la década de los años ochentas, con la irrupción de la corriente constructivista, ha aumentado considerablemente la publicación de libros y revistas de *didáctica de las ciencias* y no obstante que sus ejemplos se refieren, en muchos casos, a algunas disciplinas específicas, parten de un enfoque global de la enseñanza de las ciencias.<sup>11</sup>

Por último, apuntaremos que el campo de investigación en esta área ha evolucionado de forma substancial en los últimos 35 años. Los problemas objeto de estudio, la metodología y el referente teórico de análisis

<sup>8</sup> Gil, D. "Diez años de investigación en didáctica de las ciencias. Realizaciones y perspectivas." En: *Enseñanza de las ciencias*. 1988, 12 (2), p. 155.

<sup>9</sup> Gabel, D. (editora). *Handbook of research on science teaching and learning*. 1994. National association of research on science teaching (NARST), Georgia, EUA.

<sup>10</sup> Enseñanza, aprendizaje, resolución de problemas, currículum y contexto.

<sup>11</sup> Por mencionar algunos libros representativos, apuntamos los siguientes: Daniel Gil et al. *Enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, 1991; Hierrezuelo y Montero. *La ciencia de los alumnos*. 1988; J.I. Pozo. *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. 1987; Daniel Gil. *La investigación en el aula de física y química*. 1982; Osborne & Freyberg. (traducido al español en 1991) *El aprendizaje de las ciencias*; W. Harlem. (editado en español en 1989) *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Entre las publicaciones periódicas podemos mencionar: *Science education, Enseñanza de las ciencias, Alambique, International journal of science education, Journal of research in science teaching*, etcétera.

indagatorio, se han diversificado y consolidado. Entre 1975 y 1985 aparecieron diversos artículos en los que se consideraba a la *didáctica de las ciencias* como un área de estudio "preparadigmático"<sup>12</sup>, ya que no disponía de un conjunto de conceptos y referentes teóricos suficientemente aceptados, ni de una metodología de investigación que permitiera afrontar su estudio.<sup>13</sup> Aunque es difícil afirmar que se haya superado completamente esta etapa, lo cierto es que la situación actual es muy diferente de la de principios de los años ochentas.

### 3. SU DEFINICIÓN COMO ÁREA DE CONOCIMIENTO.

Toda disciplina se justifica sobre la especificidad de su objeto de estudio; un área de conocimiento puede definirse con base en las grandes líneas de investigación que recoge. En ese sentido, el presente apartado tiene como propósito analizar las principales líneas de indagación que recoge la *didáctica de las ciencias*, en tanto área del conocimiento pedagógico. Así, pretendemos introducir a los principales problemas que enfrenta la *didáctica de las ciencias*, a las orientaciones que guían la búsqueda de soluciones, a los referentes teóricos conducentes y a los modelos que de ello emanan.

El problema básico que plantea la *didáctica de las ciencias* es *cómo enseñar ciencias significativamente*, es decir, cómo transmitir la cultura científica generada a través de los siglos de forma que los individuos puedan comprenderla, aplicarla y hacerla evolucionar. Ello implica, fundamentalmente, responder a cinco preguntas: *¿qué enseñar? ¿a quien se va a enseñar? ¿cómo enseñar? ¿cuándo enseñar? y ¿cómo evaluar los resultados?* y

Se podría pensar que para responder a estas preguntas sólo sería necesario diseñar un proyecto, comprobar su validez y aplicarlo en muchas aulas. Esta visión ha conducido a algunos especialistas a pensar que la *didáctica de las ciencias* tiene la función de prescribir cómo enseñar algo, pero que no es posible concederle un campo de investigación científico propiamente dicho, ya que una vez resuelto el problema de cómo enseñar, no quedaría ningún otro por plantear.

Sin embargo, la reconstitución del campo específico de la *didáctica de las ciencias* ha traído como consecuencia reflexiones más profundas sobre tres ámbitos específicos: *Los saberes a enseñar, cómo aprenden ciencias los estudiantes y cómo el enseñante debe actuar para favorecer el aprendizaje de los contenidos científicos.*

<sup>12</sup> Bowen, B. "The need for paradigms in science education research". En: *Science education*, 1975, 59 (3), p. 423. También en: Berger, C. "What are the implications of paradigms research for science education?" En: *Journal of research in science teaching*, 1979, 16 (6), pp. 517-525; Klopfer, L. "Research on the crisis of science education" En: *Science education*, 1983, 67 (3), pp. 283-284.

<sup>13</sup> Aliberas, J; Gutiérrez, R. e Izquierdo, M. "La didáctica de las ciencias. Una empresa racional". En: *Enseñanza de las ciencias*, 1989, 7 (3), pp. 277-280.

Los saberes a enseñar justifican la aparición de la *didáctica de las ciencias* como área de conocimiento y condicionan la respuesta a las otras preguntas. En los años sesentas se pensó que la ciencia de referencia daba directamente la respuesta a la pregunta sobre ¿qué enseñar? y que, en consecuencia, se trataba de renovar el currículum introduciendo puntos de vista más modernos acerca de los conocimientos científicos. Actualmente se acepta que los conocimientos que se enseñan no son exactamente los de la ciencia establecida, sino una *transposición didáctica* de ésta, que es el objeto de estudio de la didáctica específica. En el siguiente capítulo hablaremos de este asunto con detenimiento.

Además, para poder responder a la pregunta sobre ¿qué enseñar? es preciso profundizar en el: para qué enseñar ciencias. Los cambios sociales y económicos han hecho de esta pregunta un problema a resolver. El objetivo de la enseñanza de las ciencias ya no es solamente preparar a los que en un futuro serán estudiantes universitarios de ciencias, sino a todos los ciudadanos en general, dado que la ciencia y la tecnología invaden la vida cotidiana, por lo que la orientación de los programas de ciencias deberá transformarse.

Sobre cómo aprenden ciencias los estudiantes, habrá que investigar qué sucede en su pensamiento, en su forma de actuar, en sus sentimientos y actitudes cuando interaccionan con el saber científico. En los tiempos del auge de la escuela activa se pensó que si se proporcionaban al estudiante un buen entorno y actividades estimulantes, el saber se construiría sin ninguna dificultad. Hoy sabemos que la apropiación del contenido científico establecido a lo largo de los siglos, no es un proceso ni tan sencillo, ni tan lineal. El paso del conocimiento natural, de sentido común, al científico, requiere propiciar reestructuraciones en el pensamiento de los estudiantes, que no concurren espontáneas ni se dan fácilmente.

Por último, sobre cómo el docente debería actuar para favorecer el aprendizaje científico, es decir, sobre qué decisiones debe tomar para enseñar ciencias, es preciso investigar sobre cada uno de los posibles factores que influyen, pues cada profesor tiene su propia ideología, sus características personales, una visión particular de la ciencia y de la enseñanza, una capacidad de comunicación, una experiencia anterior, condiciones específicas de su entorno institucional, ciertos medios de los que dispone, alumnado con un nivel socio-cultural específico, etcétera. Todo ello condiciona su toma de decisiones al enseñar ciencias. Muy a menudo se compara la profesión del enseñante de cualquier área con la de un ejecutivo, debido al gran número de decisiones que debe tomar, muchas de las cuales, además, debe tomar en el momento de la acción educativa. Por todo ello suele afirmarse que la enseñanza es, al mismo tiempo, una ciencia, una técnica, un arte y una ideología.

Como se puede inferir de las anteriores consideraciones, la *didáctica de las ciencias* necesita de muchas disciplinas para definir su referente teórico. Entre las más importantes podemos apuntar:

- a) Cada una de las disciplinas científicas, que tienen una problemática y una estructura específica.
- b) La historia y la epistemología de las ciencias, que intentan explicar la génesis, el desarrollo y la evolución del conocimiento científico.

- c) La pedagogía, que tiene como objeto de estudio a la educación, entendida como un fenómeno complejo, diverso y polifacético, que es motivo de múltiples interpretaciones. Su estudio requiere tomar en cuenta los diferentes elementos que rodean y constituyen a los fenómenos educativos, como son los sociales, los filosóficos, los psicológicos, los políticos, los históricos, los económicos, los ideológicos, etcétera. Es así que la pedagogía guarda relación con otras disciplinas y ciencias, con lo cual se permite una aproximación desde una multiplicidad de perspectivas y enfoques <sup>14</sup>.
- d) La lingüística, como disciplina que estudia el principal instrumento utilizado en los procesos de enseñanza-aprendizaje: el lenguaje.
- e) Las ciencias de la comunicación, en tanto indagan sobre la inteligencia artificial y sobre muchas otras áreas, igualmente importantes en el panorama científico.<sup>15</sup>

Los problemas relacionados con la enseñanza de las ciencias deben ser estudiados como un todo, que requiere necesariamente la combinación de todas estas fuentes.

Por todo ello, podemos afirmar que lo que llamamos *didáctica de las ciencias* constituye un área de conocimiento, sustentada en un referente y práctica específicos. El marco teórico no se puede reducir a una simple yuxtaposición o suma de conocimientos provenientes de otras áreas, sino que, es fruto de la interrelación entre ellas y no puede considerarse asimilable directamente a ninguna de ellas. Aunque las analogías nunca son totalmente equivalentes, se podría comparar esta área con otras que han surgido recientemente como la ecología, o la inteligencia artificial, áreas fuertemente interdisciplinarias, pero con características propias, bien definidas.

Finalmente, en el marco de este apartado, se hace preciso referirnos a la discusión existente entre los especialistas, en torno a que, si la *didáctica de las ciencias* debe enfocarse desde una perspectiva global, o bien, debe responder a una especialización por disciplinas científicas.

La mayoría de especialistas en este campo, proponen un modelo integrado de la didáctica de las distintas disciplinas científicas, partiendo del hecho de que sus didácticas tienen más aspectos en común que diferenciados, lo cual justifica la teorización sobre un cuerpo común de conocimientos didácticos o de investigación, para todas las ciencias experimentales.

<sup>14</sup> UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. División de Estudios de Posgrado. Departamento de Pedagogía. *Doctorado en pedagogía. Sistema tutorial*. 1996. p.11

<sup>15</sup> Azcárate, C. et al. "El papel de la didáctica de las ciencias experimentales y de la didáctica de la matemática en el curriculum de formación del profesorado." Ponencia presentada en las Jornadas: *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. 1990, Universidad de Santiago de Compostela. Fotocopiado.

En el lado opuesto, los defensores de la especialización por disciplinas científicas, conciben la *didáctica de las ciencias*, como una reducción de la misma a los aspectos técnicos de la enseñanza de cada disciplina, separándola del tipo de contenidos disciplinarios, los cuales consideran que son aportados por la propia asignatura.

Los autores que respaldan la primera visión, son partidarios de un modelo didáctico integrado, que permita, tanto la elaboración de teorías más generales, como afrontar el estudio de la complejidad del aprendizaje de las diferentes ciencias dentro de un marco común. Este modelo no desconoce la importancia y especificidad de cada tipo de conocimiento, pero propone que éste debe abordarse desde una perspectiva didáctico-epistemológica de ciencia general.

La aparición de nuevos estudios científicos y de nuevas disciplinas orientan también hacia la adopción de un modelo integrado. Frente a las cuatro ciencias "duras" tradicionales, nos encontramos actualmente con especialidades en ciencias ambientales, ciencia y tecnología de los alimentos, biotecnología, etcétera, todas ellas con un fuerte componente interdisciplinario. En algunos casos, como en de las ciencias ambientales, la interdisciplina se extiende hasta el campo de las ciencias sociales. Esta interdisciplinariedad no se opone a la necesaria conformación de un núcleo de saberes específicos en relación con nuevas especializaciones. Sin embargo, sus campos específicos de investigación, generalmente han sido asociados al campo de la didáctica de las ciencias, como es el caso de la educación ambiental y de la educación para la salud.

Otros argumentos que exponen los autores que están a favor de un campo integrado para la didáctica de las ciencias, son los siguientes:

- Muchas de las disciplinas científicas comparten conceptos comunes.  
Muchas de las concepciones erróneas del alumnado tienen su origen en el aprendizaje defectuoso realizado en otras disciplinas científicas, por lo que solamente desde la didáctica de las ciencias, es que se podrá afrontar el conocimiento de muchas de las dificultades de los estudiantes en relación con el aprendizaje científico.<sup>16</sup>
- Se hace necesario un planteamiento de ciencia general si se quieren promover los currícula actualizados. Estos tienen como objetivo la comprensión, por parte de los alumnos, de los problemas del mundo real. Estos problemas no responden a la lógica de las disciplinas, sino que necesitan un enfoque interdisciplinario.
- Una perspectiva didáctica integrada, permite afrontar la elaboración de marcos teóricos para el aprendizaje de las ciencias comunes a diversas edades y situaciones de aprendizaje, por lo menos entre la primaria y el bachillerato, mientras que los modelos didácticos más especializados por disciplinas científicas,

---

<sup>16</sup> Simpson, R. *et al.* "Research on the affective dimension of science learning". En Gabel, D. (edra.), *Op. cit.* pp. 211-236.

frecuentemente acarrear diferencias entre las teorías didácticas que se utilizan para la enseñanza en distintos ciclos escolares.<sup>17</sup>

Como puede advertirse, el debate entre estos dos puntos de vista se aprecia vigente en la literatura actual. La revista *Infancia y Aprendizaje* en 1994 recogió, en su momento, argumentaciones a favor y en contra de las dos perspectivas. Las reuniones internacionales y las revistas de investigación se han dividido entre las dos corrientes. Unas son especializadas según el contenido de la disciplina científica, mientras que otras tratan temáticas comunes a todas ellas, (aunque a veces incluyen aspectos concretos de cómo enseñar ciertos temas particulares de alguna asignatura). Los centros de investigación también se han dividido en los específicos de las disciplinas (generalmente más vinculados en las universidades al área científica correspondiente) y los que investigan acerca de la enseñanza de todas las disciplinas científicas, generalmente más vinculados a departamentos de pedagogía o educación.

En nuestra opinión, el que se defienda un campo o dominio investigativo en la *didáctica de las ciencias*, -que integra componentes de la filosofía de la ciencia, de la psicología cognitiva, de la pedagogía, de la sociología educativa, de las propias disciplinas, etcétera- no significa que se haya de defender una perspectiva de ciencia integrada en el bachillerato. A nuestro entender esta integración de las ciencias en esta etapa escolar no facilitaría la comprensión de las diferentes disciplinas.<sup>18</sup>

#### 4. LOS FACTORES DETERMINANTES QUE HAN INFLUIDO EN SU CONFIGURACIÓN

En las últimas décadas se han dado cambios importantes, tanto en la ciencia como en la sociedad, que han traído como consecuencia que la enseñanza de las ciencias se haya hecho más compleja, condición que le ha hecho adquirir un nuevo status. Entre ellos, podemos destacar, como los de mayor importancia, los cambios en las políticas educativas en todo el mundo, el desarrollo de la psicología cognoscitivista, el desarrollo de la metodología de investigación cualitativa en el ámbito pedagógico, las distintas y nuevas visiones epistemológicas y filosóficas de la ciencia, y el gran avance de las ciencias de la comunicación. La interacción de los factores anteriormente destacados, condujo al desarrollo y estructuración de la *didáctica de las ciencias* como área de conocimiento, alimentando su referente teórico, sus líneas de investigación y su metodología,

<sup>17</sup> Bybbe, R. y DeBoer, G. "Research on goals for the science curriculum." En: Gabel, D. (edra.). *Op cit.* pp. 357-387.

<sup>18</sup> Carlos Furió, especialista en la materia, afirma que en la dificultad que se presenta para que los alumnos comprendan las disciplinas en una perspectiva de ciencia integrada, están de acuerdo la psicología cognitiva y diversos profesores, así como la National Science Education Standards de 1966. Esta afirmación aparece en *Investigación en la Escuela*, Vol. 32, 1997.

configurándose así como el motor para que, a la fecha, esta área se encuentre en búsqueda de un entramado propio.

En los siguientes párrafos consideraremos la influencia determinante de estos factores en la estructuración de la didáctica de las ciencias.

#### **4.1. LOS CAMBIOS EN LAS POLÍTICAS EDUCATIVAS EN EL MUNDO.**

En las últimas décadas, de la creciente democratización de la sociedad en todos los países del mundo, se han derivado ciertas prácticas educativas obligadas. Dentro de nuestro campo de interés, una de ellas ha sido la creciente demanda social en el sentido de que la enseñanza científica ha de enfrentar el objetivo de que todos los individuos aprendan ciencias y no solamente los más dotados y que asimismo desarrollen un nivel tal de autonomía que los capacite para tomar decisiones. Por otro lado la sociedad actual está altamente tecnificada lo que hace que la ciencia sea al mismo tiempo, cultura y práctica, dado que implica por un lado, una forma de ver el mundo y, por otro, una posibilidad de transformar la vida cotidiana con sus aplicaciones. El aumento del tiempo libre en las ciudades, ha comportado, asimismo, que el aprendizaje de las ciencias haya traspasado los límites de las escuelas y que pueda adquirirse en otros ámbitos. Se aprende ciencia a través de la televisión, leyendo el periódico o revistas de divulgación, visitando museos de ciencia, jugando con programas computacionales, etcétera.

Además, la creciente especialización de las ciencias, coincidente con un aumento de la necesidad social de conocimientos interdisciplinarios, dificulta la determinación de los contenidos básicos a enseñar. No existe, actualmente, un corpus definido de saberes que deben ser enseñados, sino que lo importante es buscar aquello que resulte apropiado para los destinatarios concretos de la enseñanza y aquello que sea más apto para que profesores y estudiantes puedan establecer una estrecha comunicación interpersonal cuando aborden los temas científicos.

#### **4.2. EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN**

En estrecha conexión con los cambios anteriores, el desarrollo de las ciencias de la comunicación en la sociedad actual ya ha empezado a influir en el trabajo de profesores y alumnos, especialmente, con la irrupción de tecnologías audiovisuales, informáticas y telemáticas, las cuales han introducido cambios radicales en la vida de los estudiantes y en algunos sistemas educativos.

El desarrollo de medios tecnológicos para el aprendizaje de las ciencias ha sido el campo de investigación didáctica en el que se ha invertido más dinero en la última década, especialmente en el desarrollo de *software*.

Es posible que el uso de las nuevas tecnologías cambie totalmente, en el futuro, la forma de planificar la enseñanza de las ciencias.

Entre las principales influencias que han tenido las computadoras en la enseñanza de las ciencias podemos mencionar: el ser una fuente de programas de actividades para el autoaprendizaje científico; el permitir a muchos estudiantes el fácil acceso a la información mediante bases de datos; el introducir innovaciones a la actividad experimental mediante la obtención de datos con sensores; el permitir dibujar gráficos y calcular muy rápidamente; el facilitar el intercambio de datos y de ideas entre alumnos de diversas latitudes a través de medios telemáticos; el facilitar la evaluación y autoevaluación inmediata de los aprendizajes, etcétera.

### 4.3. LA EPISTEMOLOGÍA GENÉTICA DE JEAN PIAGET.

Uno de los principales detonantes del cambio de la enseñanza tradicional de las ciencias fue la reconsideración que los hombres de ciencia hicieron sobre las aportaciones de Jean Piaget al desarrollo de la psicología cognoscitivista. Como es bien sabido, Piaget se abocó a identificar, describir, y explicar los procesos y principios generales del funcionamiento cognitivo y a estudiar cómo estos procesos intervienen en la construcción lógica del pensamiento racional.<sup>19</sup>

Tanto a nivel epistemológico como psicológico, Piaget impulsó una concepción constructivista de la adquisición del conocimiento, en la cual se considera que el sujeto es activo frente al conocimiento, mismo que asimila, estructura, acomoda y reconstruye, sobre la base de sus conocimientos previos. Producto de sus investigaciones, este autor enfatizó también que sin una actividad mental constructiva propia e individual, que obedeciera a necesidades internas vinculadas al desarrollo evolutivo del sujeto, el conocimiento no se produciría.<sup>20</sup> Es pues evidente que muchos de los principios asumidos por el constructivismo, estaban ya presentes en la teoría piagetiana.

Dos propuestas pedagógicas centrales se derivaron de las teorías de Piaget. En primer lugar, se planteó que el objetivo de la enseñanza sería favorecer la construcción de estructuras de pensamiento formal (clasificación, predicción, análisis, síntesis, etcétera), siguiendo la hipótesis de que sería el dominio de dichas estructuras lo que permitiría al alumno la comprensión de los diferentes contenidos. En segundo lugar, se propuso que los alumnos debían construir su propio conocimiento, a través de un proceso de descubrimiento relativamente autónomo, en el que el papel del profesor sería únicamente el de proponer experiencias y situaciones que ayudaran a tal proceso.<sup>21</sup>

<sup>19</sup> Piaget, J. *Psicología y pedagogía*. 1969. pp 57-58.

<sup>20</sup> Piaget, J. *Psicología y epistemología*. 1972. pp. 27-45.

<sup>21</sup> Carin, A. y Sund, R. *La enseñanza de la ciencia moderna*. 1975. *Apud*.

En relación con la enseñanza de las ciencias, las teorías pedagógicas derivadas de la concepción piagetiana, rigieron la educación científica por más de dos décadas, en las que los educadores supusieron que, procurar que los alumnos adquirieran el pensamiento formal, era una condición necesaria y suficiente para el aprendizaje científico, por lo que concedieron más importancia al dominio del método y de las actividades que condujeran al alumno a pensar formalmente, que al dominio de los contenidos disciplinarios concretos, asumiendo como premisa que, una vez que el alumno dominara las operaciones formales, estaría en condiciones de entender cualquier contenido científico.<sup>22</sup>

#### 4.4. EL DESENCANTO DEL APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO.

Los estudios sobre *didáctica de las ciencias* realizados hasta fines de los años setentas se basaron, en efecto, en las teorías de Piaget y en la tecnología educativa diseñada para guiar el currículum y para ser aplicada directamente en las aulas. Sin embargo, dichas investigaciones eran fundamentalmente empíricas, conducentes, más a describir los resultados de una acción educativa, que a interpretarla. El movimiento del **aprendizaje por descubrimiento** que caracterizó la década de los años setentas, se distinguió por un inductivismo extremo, por la aplicación del llamado **método científico** y por la insistencia de una actividad completamente autónoma de los alumnos. En Estados Unidos, a fines de esa década, la National Science Foundation elaboró una evaluación general de los resultados de la enseñanza de las ciencias bajo el modelo de descubrimiento, esperando obtener datos que lo avalaran. Los resultados de estos estudios fueron decepcionantes. A pesar del dinero invertido en el diseño de materiales curriculares, el nivel de cultura científica de la población continuaba siendo muy pobre, al igual que su interés por el estudio de la ciencia. Por ello, se empezó a hablar de una crisis en la educación científica y a pensarse en la reorientación de líneas de trabajo. No obstante lo anterior, el movimiento de aprendizaje por descubrimiento, no puede descalificarse del todo, como a menudo se ha hecho, con una simple referencia a sus negativos resultados, a su fracaso en favorecer un aprendizaje efectivo y a la falta de atención a los contenidos. Es necesario recalcar que este movimiento imprimió un elemento dinamizador de la anquilosada enseñanza tradicional y constituyó el origen de muchas reestructuraciones posteriores; en palabras de Daniel Gil "... mucho más importante que sus errores, es el hecho de haber iniciado un proceso de innovación e investigación sistemático en el que aún permanecemos inmersos."<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Acóli, H. *Una didáctica fundada en la psicología de Jean Piaget*. 1973. *Apud.*

<sup>23</sup> Gil, D. "Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. En: *Enseñanza de las ciencias*, 1988. 11 (2). pp. 198-199.

#### 4.5. EL APRENDIZAJE POR RECEPCIÓN SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL Y NOVAK.

Otro factor coadyuvante y significativo para el cambio fue, desde nuestra perspectiva, el principio del *aprendizaje por recepción significativa* promovido por Ausubel a principios de la década de los años ochentas. Su famosa frase "*...el más importante factor que influencia el aprendizaje, es aquello que el aprendiz ya conoce. Averigua lo que sabe y enséñale de acuerdo con ello.*" ofreció un nuevo marco teórico para interpretar los errores de los estudiantes y fue motivo del impulso que ha tenido, desde entonces, la investigación en ese renglón.<sup>24</sup>

El aprendizaje por recepción significativa de Ausubel surgió como un rechazo al aprendizaje por descubrimiento autónomo, insistiendo en nuevas formas de transmitir conocimientos ya elaborados. Esta orientación en la que destacan los nombres de Ausubel y Novak, resaltó adecuadamente aspectos como la guía del profesor para evitar las adquisiciones dispersas que proporcionaba el aprendizaje por descubrimiento y la importancia de tomar en cuenta las estructuras conceptuales de los alumnos en la adquisición de nuevos conocimientos.

La innovación de la enseñanza promovida por estos autores, se orientó a resaltar la importancia del aprendizaje significativo y del estudio de la jerarquías de los conceptos. Asimismo, resaltó el papel de guía que el profesor debe jugar en el proceso de aprendizaje de las ciencias, renglón en el que introdujeron el concepto de *descubrimiento guiado*.

Novak, a su vez, profundizó en la ética de la enseñanza y del aprendizaje derivada de la posición ausubeliana enfatizando que era preciso *mostrar respeto por los individuos, por la claridad de sus razonamientos y en hacer de la educación un cambio del significado de la experiencia humana a través de llevar a los individuos a aprender cosas sobre el aprendizaje llegando a ser conscientes de la capacidad para controlar su propia experiencia de modo que transforme sus vidas.*<sup>25</sup>

La principal aportación del trabajo de Ausubel fue, sin duda, el esfuerzo explícito de fundamentación teórica que no poseía el paradigma del descubrimiento; ello permitió cuestionar las propuestas ingenuas del *aprendizaje por descubrimiento* y mostrar que, tras la idea vaga y peyorativa de enseñanza tradicional, existía un modelo coherente de enseñanza-aprendizaje por transmisión-recepción. Por lo demás, algunas de las aportaciones de Ausubel forman parte hoy del bagaje común de todos los educadores, como es por ejemplo, la distinción entre aprendizaje significativo y aprendizaje memorístico. Además, estos autores idearon valiosos instrumentos para ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre la estructura y el proceso de producción del conocimiento, es decir, a llegar a la *metacognición*, como son los mapas conceptuales y la uve heurística. Sus aportaciones

<sup>24</sup> Ausubel, D.; Novak, J.; Hanesian, H. *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. 1978.

<sup>25</sup> Novak, J. y Gowin, B. *Aprendiendo a aprender*. 1988. México, Martínez Roca. pp. 28-31.

abrieron camino al estudio de las *preconcepciones de los alumnos*, uno de los puntos centrales que retoma la corriente constructivista de la enseñanza de las ciencias.<sup>26</sup>

En contra de sus críticos podemos afirmar que el hecho de centrar el énfasis de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias como un proceso de transmisión-recepción, no permite calificar su esfuerzo como un simple retorno a la enseñanza tradicional, pues no podemos olvidar sus aportaciones clave para la enseñanza de las ciencias, como la idea de *aprendizaje significativo* y la importancia de la atención a lo que los alumnos ya saben en la integración del nuevo conocimiento. Sin embargo, desde el punto de vista epistemológico, persisten en el modelo ausubeliano aspectos inductivistas y empiristas. Las ideas alternativas de los alumnos, en su perspectiva, serían *preconceptos erróneos* que habría que corregir y los conceptos y teorías se consideran externos al sujeto, quien tendría que recibirlos y captarlos correctamente.<sup>27</sup>

#### 4.6. LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE VYGOTSKY.

En cuanto a su influencia en la *didáctica de las ciencias*, la corriente psicológica vygostkiana parece hallarse en pleno resurgimiento, dado que vuelven a destacarse la importancia, tanto de los aspectos socio-culturales en la enseñanza, como de la interacción social en el aprendizaje, haciendo también reaparecer la instrucción como proceso resultante del intercambio entre profesor y alumno, y de los alumnos entre sí.<sup>28</sup>

La teoría central de este autor, sostiene que el pensamiento depende del lenguaje y se desarrolla y mantiene gracias a la experiencia interpersonal. Por tanto, el lenguaje posee una doble función: por una parte, cumple un papel comunicativo y, por otra, desempeña una función reguladora de los procesos cognitivos. El desarrollo de la actividad cognitiva supone el paso de la regulación externa social mediante el lenguaje de los demás, a la regulación interiorizada individual intrapsíquica de los procesos cognitivos.<sup>29</sup> Según este autor, el significado con que los individuos utilizan las palabras se aproxima gradualmente, a través de la interacción con los otros, hacia un significado más evolucionado. Esta evolución, no se refiere solamente al contenido de las palabras, sino también a la estructura del significado en su dimensión psicológica. Es por esto que Vygotsky da un papel muy importante a la escuela como instrumento favorecedor de la evolución del pensamiento, a través de la interacción de adultos y jóvenes mediante el lenguaje.

Por otro lado, la *didáctica de las ciencias*, en relación con la efectividad de las interacciones sociales para el aprendizaje, ha recogido el concepto vygotskyano de *zona de desarrollo potencial* entendido como el conjunto

<sup>26</sup> Ausubel, D. *Psicología educativa... Op. cit. Apud.*

<sup>27</sup> Gil, D. "Contribución de la historia..." *Op. cit.* pp. 199-200.

<sup>28</sup> Vygotsky, L. "Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar." En: *Infancia y aprendizaje* 1934, Nos. 27 y 28. pp. 105-116.

<sup>29</sup> Vygotsky, L. *Pensamiento y lenguaje*. 1935 (primera reimpresión 1990). pp. 56-58

de actividades que una persona es capaz de hacer con la ayuda de las otras. Por lo tanto, las interacciones entre el enseñante y el aprendiz, para que sean efectivas, deberían situarse siempre en esta zona.

Asimismo, en la enseñanza actual de las ciencias, la comunicación se vuelve a redimensionar como el instrumento privilegiado, tanto para expresar los propios argumentos y conocer los de los demás, como para contrastar las diferentes maneras de entender los fenómenos y los diferentes modelos científicos. Por tanto, la discusión es una de las formas que se promueve en la *didáctica de las ciencias* para comprobar la consistencia de los propios razonamientos y posibilitar su evolución.

A este respecto, Daniel Gil afirma que de la misma manera que la ciencia se construye de forma social, también en el aprendizaje hay que reforzar los aspectos colectivos, el trabajo en colaboración y el clima del aula. Respecto a la aplicación del concepto de *zona de desarrollo potencial*, este autor explica el modelo de cambio conceptual y metodológico de la *didáctica de las ciencias* como una actividad próxima a la investigación realizada por científicos novatos, en campos en los que su formador o profesor domina, ayudándoles, tanto a abordar problemas de interés y a realizar un seguimiento cuidadoso de su actividad, como proporcionándoles una retroalimentación adecuada y facilitando su autonomía creciente. Esto implica la capacidad del experto para transmitir a los novatos expectativas positivas y para comunicarles su propia fascinación por la tarea; asimismo, la capacidad para promover el intercambio entre equipos diferentes dentro de un clima social favorable para el desarrollo de la investigación científica.<sup>30</sup>

#### 4.7. LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN CUALITATIVA.

Las distintas y renovadas visiones epistemológicas y filosóficas de la ciencia, han hecho perder a ésta el papel de paradigma del conocimiento. Poco a poco, se ha desdibujado la frontera entre las ciencias de la naturaleza y las ciencias sociales y se ha ido resaltando el carácter relativo y evolutivo del conocimiento científico frente a las concepciones positivistas que lo consideraban absoluto.<sup>31</sup> De una noción de ciencia fundamentalmente descriptiva que explicaba cómo son y cómo funcionan las cosas, se ha pasado a una noción que resalta su vocación explicativo-interpretativa. En la investigación pedagógica y, en específico, en la de la didáctica de las ciencias, todo esto ha tenido una consecuencia inmediata, dado que hoy se investiga, por ejemplo, a través de la metodología cualitativa, cómo los estudiantes aprenden a construir su propio discurso científico y cómo desarrollan su pensamiento. Asimismo se investigan en el aula los condicionantes que les posibilitan la comprensión y la construcción de nuevos conocimientos.

<sup>30</sup> Gil, D. et al. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. 1991. pp. 79-80.

<sup>31</sup> Benítez, L. "La formación del científico. Espejismos y realidades" En: *Ciencia*. 1994, 45, (1). p.38.

Sin embargo, las metodologías de investigación cualitativa no son excluyentes, sino más bien complementarias de las metodologías de investigación cuantitativa. Consideramos que la investigación en didáctica de las ciencias no puede renunciar a la contrastación cuantitativa de muchas de sus hipótesis.

#### **4.8. LAS NUEVAS VISIONES EPISTEMOLÓGICAS Y FILOSÓFICAS DE LA CIENCIA.**

Como hemos afirmado anteriormente, la *didáctica de las ciencias* se está configurando como un área específica de conocimiento y actualmente se estudian y debaten sus fundamentos epistemológicos. En esta tarea, un factor adicional, y no menos importante que los anteriores, ha sido el impacto del pensamiento filosófico de la ciencia del siglo XX.

La filosofía de la ciencia ha contribuido a fundamentar epistemológicamente, entre otras áreas del conocimiento, a la *didáctica de las ciencias*, en especial abriendo paso a la corriente que genéricamente denominamos constructivista y, más específicamente, dentro de ella, a las teorías del cambio conceptual y metodológico. Todas ellas se han mostrado como teorías coherentes y fundamentadas para el aprendizaje. No obstante, la propia historia de la ciencia nos ha enseñado la provisionalidad de las teorías, por lo que es necesario seguir investigando y valorar las aportaciones que otras teorías han realizado respecto al aprendizaje de las ciencias. Duschl afirma que uno de los impactos importantes sobre la enseñanza de la ciencia, ha sido clarificar el paralelismo que existe entre la forma como se ha originado el conocimiento científico a través de la historia de la ciencia y la forma como se origina dicho conocimiento en los estudiantes jóvenes; ofreciendo, así, un campo explicativo de las dificultades que éstos enfrentan al aprender.<sup>32</sup>

En tal sentido, consideramos conducente presentar una visión sintética de las principales líneas de pensamiento filosófico epistemológico que han influido en el desarrollo y fundamentación de la didáctica de las ciencias; a ello dedicaremos las siguientes líneas.

Uno de los problemas presentes desde la antigüedad en la historia de la filosofía ha sido la fundamentación del conocimiento. Ha sido preocupación de los filósofos de todos los tiempos, el dilucidar cómo el hombre puede llegar a conocer. Desde la filosofía clásica se fueron perfilando dos grandes corrientes que se explicitaron en los siglos XVII y XVIII como las escuelas racionalista y empirista.

Para el racionalismo, la razón es la fuente última de conocimiento y de interpretación de los hechos observables, a través de teorías verdaderas, construidas a priori por una lógica universal. En el lado opuesto, la postura empirista, consideraba que la verdad científica se descubre aplicando un procedimiento objetivo y riguroso que se conoce como método científico y que el conocimiento es acumulativo. Estas posiciones, fueron

<sup>32</sup> Duschl, R. "Research on the history and philosophy of science." En: Gabel, D. (edra.). *Handbook of research.... Op. cit.* pp. 443-465.

la base de las dos concepciones de enseñanza que han caracterizado el quehacer docente en las aulas de ciencias, aún hasta nuestros días.<sup>33</sup>

Por un lado, la llamada enseñanza por transmisión-recepción, durante muchos siglos, tomó como base la idea de que si la ciencia era un cuerpo de conocimientos formado por teorías y hechos considerados verdaderos, entonces habría que transmitir a los estudiantes la verdad científica a través de una enseñanza que girara alrededor de la transmisión de conocimientos elaborados, donde los principales y calificados soportes serían el libro de texto y la palabra del profesor.

Por otro lado, sobre la base de los planteamientos neopositivistas y de la difusión de los estudios de Piaget, a partir de los años sesentas se generalizó la conclusión de que, si la forma de acceder al conocimiento era aplicando el método científico, entonces habría que enseñar a los estudiantes a descubrir las leyes de la naturaleza a través de la inducción vía la experimentación. Este fue el principio básico de la enseñanza llamada *por descubrimiento autónomo*, en la que se dio prioridad al aprendizaje de métodos y formas de razonamiento, por sobre el de los contenidos conceptuales; ello se reflejó en el aula en la que se dio el primer lugar a la enseñanza de los procedimientos experimentales, por encima de la de hechos y teorías.

A partir de mediados de este siglo, las posturas neopositivistas-empiristas fueron duramente criticadas por diversos autores. Ello generó una nueva visión filosófica de la ciencia y de ahí que actualmente se acepte que las observaciones empíricas dependen, en buena medida de la formación, experiencia y expectativas del observador, por lo que no se les considera completamente objetivas, sino subjetivas y falibles, dado que están impregnadas por la ideología y posición teórica del propio científico. Según estos filósofos, una de las grandes fallas del positivismo, fue postular la idea de que el conocimiento podía existir sin la interacción de un ser cognoscente, es decir, esta corriente sostenía que el conocimiento existe más allá del científico, quien a través de sus investigaciones objetivas, podía descubrir las leyes, teorías y principios de la realidad. La renovada visión filosófica de la ciencia presenta una perspectiva totalmente distinta: lo que el científico observa e investiga es una construcción de la realidad de acuerdo con su formación, marco teórico, y hasta valores sociales. Las diferentes escuelas de pensamiento de esta nueva corriente aceptan, en general, que la ciencia no se desarrolla por acumulación de descubrimientos e inventos individuales sino que las explicaciones científicas son producto de la idiosincrasia del investigador en su propio contexto y época. Por tanto, las componentes personales e históricas son aspectos muy importantes en la formación de las creencias sostenidas por una comunidad científica en cada época. El conocimiento científico es, en consecuencia, construido por la

---

<sup>33</sup> Mellado, V. y Carracedo, D. "Contribuciones de la filosofía de las ciencias a la didáctica de las ciencias." En: *Enseñanza de las ciencias*. 1993, 11 (3). pp. 331-339.

inteligencia humana, tomando en cuenta el conocimiento existente en un contexto generalmente social y por actos creativos en los que las teorías previas del investigador, preceden a la observación.

Lo más novedoso de la nueva filosofía de la ciencia es su preocupación por explicar a qué se deben los cambios en las teorías, mientras que anteriormente se pretendía, sobre todo, justificarlas.<sup>34</sup> En ese sentido, los filósofos de la ciencia han planteado la necesidad de evaluación de las teorías científicas, existiendo al respecto diversas opiniones, que van desde posiciones anárquicas, hasta planteamientos que abordan las más minuciosas reglas de valoración teórica.

Muchas de las posiciones epistemológicas, que hoy contribuyen a fundamentar teórica y metodológicamente a la didáctica de las ciencias, tienen algo de constructivista, y constituyen, por tanto, una importante base de su metodología de enseñanza. De hecho, el núcleo teórico que sirvió para acelerar la caída del llamado *paradigma del descubrimiento*, fue legado, en cierta medida, a la *didáctica de las ciencias* por un grupo de filósofos de la ciencia, que aportaron valiosas ideas que contribuyeron a que pudiera abrirse paso la posición constructivista actual de la didáctica de las ciencias, que acepta, sobre la base de las ideas de aquéllos, la subjetividad en la construcción del conocimiento, las determinantes sociales en su génesis y su relatividad consecuente. Por tanto podemos afirmar que la *didáctica de las ciencias* es un cuerpo de conocimientos integrado que se nutre de contribuciones diversas, entre las que pueden resaltarse las de la filosofía de la ciencia moderna.

Los primeros proyectos de enseñanza de las ciencias de los años sesentas, recogieron planteamientos empiricistas, dando primacía a la aplicación del *método científico*. Fue a partir de los años setentas cuando la nueva filosofía de la ciencia ya fue tema de atención para la enseñanza de la ciencia. Los planteamientos constructivistas del aprendizaje, necesitaban un modelo de enseñanza que promoviera el desarrollo del conocimiento científico en los estudiantes y, en ese sentido, podemos afirmar que el relativismo de Feyerabend, el principio de demarcación y el falsacionismo popperiano, los programas y metodología de la investigación científica de Lakatos, el evolucionismo de Toulmin y el revolucionismo de Kuhn, aportaron valiosos elementos a la estructuración del referente teórico de la didáctica de las ciencias.

Para estos filósofos, como para la didáctica de las ciencias, la ciencia es visualizada no como un sistema de conceptos fijos y acabados, sino como un sistema de enunciados probables en donde éstos necesariamente pueden ser verificables empíricamente, dado que todo descubrimiento contiene un elemento irracional que es siempre creado por el sujeto. Desde ambas posturas, la ciencia se concibe asimismo, como una actividad cuyo

---

<sup>34</sup> Níaz, M. "Más allá del Positivismo: Una interpretación de la enseñanza de las ciencias." En: *Enseñanza de las ciencias*. 1994, 12 (1). pp. 97-98.

inteligencia humana, tomando en cuenta el conocimiento existente en un contexto generalmente social y por actos creativos en los que las teorías previas del investigador, preceden a la observación.

Lo más novedoso de la nueva filosofía de la ciencia es su preocupación por explicar a qué se deben los cambios en las teorías, mientras que anteriormente se pretendía, sobre todo, justificarlas.<sup>34</sup> En ese sentido, los filósofos de la ciencia han planteado la necesidad de evaluación de las teorías científicas, existiendo al respecto diversas opiniones, que van desde posiciones anárquicas, hasta planteamientos que abordan las más minuciosas reglas de valoración teórica.

Muchas de las posiciones epistemológicas, que hoy contribuyen a fundamentar teórica y metodológicamente a la didáctica de las ciencias, tienen algo de constructivista, y constituyen, por tanto, una importante base de su metodología de enseñanza. De hecho, el núcleo teórico que sirvió para acelerar la caída del llamado *paradigma del descubrimiento*, fue legado, en cierta medida, a la *didáctica de las ciencias* por un grupo de filósofos de la ciencia, que aportaron valiosas ideas que contribuyeron a que pudiera abrirse paso la posición constructivista actual de la didáctica de las ciencias, que acepta, sobre la base de las ideas de aquéllos, la subjetividad en la construcción del conocimiento, las determinantes sociales en su génesis y su relatividad consecuente. Por tanto podemos afirmar que la *didáctica de las ciencias* es un cuerpo de conocimientos integrado que se nutre de contribuciones diversas, entre las que pueden resaltarse las de la filosofía de la ciencia moderna.

Los primeros proyectos de enseñanza de las ciencias de los años sesentas, recogieron planteamientos empiricistas, dando primacía a la aplicación del *método científico*. Fue a partir de los años setentas cuando la nueva filosofía de la ciencia ya fue tema de atención para la enseñanza de la ciencia. Los planteamientos constructivistas del aprendizaje, necesitaban un modelo de enseñanza que promoviera el desarrollo del conocimiento científico en los estudiantes y, en ese sentido, podemos afirmar que el relativismo de Feyerabend, el principio de demarcación y el falsacionismo popperiano, los programas y metodología de la investigación científica de Lakatos, el evolucionismo de Toulmin y el revolucionismo de Kuhn, aportaron valiosos elementos a la estructuración del referente teórico de la didáctica de las ciencias.

Para estos filósofos, como para la didáctica de las ciencias, la ciencia es visualizada no como un sistema de conceptos fijos y acabados, sino como un sistema de enunciados probables en donde éstos necesariamente pueden ser verificables empíricamente, dado que todo descubrimiento contiene un elemento irracional que es siempre creado por el sujeto. Desde ambas posturas, la ciencia se concibe asimismo, como una actividad cuyo

---

<sup>34</sup> Niaz, M. "Más allá del Positivismo: Una interpretación de la enseñanza de las ciencias." En: *Enseñanza de las ciencias*. 1994, 12 (1). pp. 97-98.

fin es el de dar respuesta a una serie de problemas de investigación planteados; es decir, como un proceso y no como un producto, como era vista anteriormente por la corriente positivista.<sup>35</sup>

Al igual que los filósofos de la ciencia, la postura metodológica de la nueva didáctica de las ciencias, entiende el método para arribar al conocimiento, como un ensayo de posibles soluciones a problemas, mediante la propuesta de conjeturas cuya objetividad depende, tanto de la prueba experimental, como de la crítica y de la aceptación social de las mismas. Por tanto en la metodología de enseñanza de la didáctica de las ciencias, se propone que, al ser el conocimiento científico hipotético y conjetural, el profesor, debe alentar a los alumnos a proponer conjeturas ante los fenómenos, a someterlas a prueba experimental y a buscar sistemáticamente los errores en que hayan incurrido, mediante la discusión y el examen crítico de sus ideas.<sup>36</sup>

Dado que la filosofía de las ciencias propone que detrás de cada hipótesis u observación, subyace anteriormente una hipótesis más primitiva y dado que todo aumento de conocimiento, consiste en el perfeccionamiento del conocimiento ya existente, el cual se modifica con vistas a una mayor aproximación a la verdad, la *didáctica de las ciencias* ha enfatizado la importancia de tomar en cuenta las ideas previas de los alumnos, como base para la construcción de nuevos conocimientos.<sup>37</sup> Acepta, por tanto, la existencia en las mentes de los alumnos, de conocimientos previos, y de teorías internas, derivados de observaciones empíricas anteriores. El aprendizaje, consiste en el perfeccionamiento de ese conocimiento ya existente, aproximándolo cada vez más a la verdad científica. El cambio conceptual se produciría en los estudiantes cuando tengan insatisfacción con las ideas previas y las nuevas ideas les resulten, simultáneamente, inteligibles, plausibles y útiles. Frecuentemente, el cambio conceptual supone una fuerte reestructuración de las ideas de los estudiantes, análogo a los períodos de ciencia revolucionaria. No obstante, otros autores consideran que el cambio conceptual en los estudiantes es gradual, de tal forma que se van incorporando ideas nuevas, que entran en competencia con las que posee el alumno. Sin embargo, aunque existan cambios, se mantienen algunas de las ideas anteriores, porque están muy arraigadas en el estudiante, o porque no chocan con las ideas nuevas.<sup>38</sup>

En estrecha conexión con lo anterior, algunos autores proponen *la metodología del conflicto cognoscitivo* para lograr el aprendizaje, misma que consiste en provocar en los alumnos, la insatisfacción y la duda respecto a sus concepciones previas, a través de la introducción en el aula de nuevas observaciones controladas, mediante las cuales las antiguas teorías puedan ser puestas en duda. La estrategia de enseñanza que se propone para lograr el cambio conceptual consistiría en comenzar con una identificación de las ideas

<sup>35</sup> Mellado, V. y Carracedo, D. "Contribuciones de la ... *Op. cit.* p. 336.

<sup>36</sup> Gil, D. "Contribución de la historia..." *Op. cit.* p. 203.

<sup>37</sup> Driver, R. y Oldham, V. "A constructivist approach to curriculum development in science." En: *Studies in science education*. 1986, 13. pp. 105-122.

<sup>38</sup> Portán, R. "Hacia una fundamentación epistemológica de la enseñanza." En *Investigación en la escuela*. 1991, 10. pp. 30-32.

alternativas de los estudiantes; seguidamente se produciría un conflicto cognitivo por el uso de contraejemplos, y se irían introduciendo las nuevas ideas con oportunidades para aplicarlas en situaciones diferentes.<sup>39</sup> No obstante, las corrientes más modernas de la *didáctica de las ciencias*, proponen como estrategia didáctica la investigación de situaciones problemáticas abiertas de interés para los alumnos: el aprendizaje es concebido no como un simple cambio conceptual, sino como un cambio a la vez conceptual, metodológico y de actitudes.<sup>40</sup>

Tomando en cuenta que los filósofos de la ciencia sostienen que, lo que hace al hombre de ciencia no es su posesión del conocimientos irrefutables y acabados, sino una indagación persistente y crítica de la verdad, en la didáctica de las ciencias, se ha modificado el papel del docente, quien ya no se presenta ante sus alumnos como el poseedor y administrador de la verdad absoluta, sino como alguien que, junto con ellos, busca la verdad, desde una posición crítica. Por tanto, el enseñante no desprecia las posibles soluciones aportadas por sus alumnos a los problemas planteados, sino que las ensaya y promueve la crítica colectiva constante de dichas conjeturas, en el clima social del aula.<sup>41</sup>

Siguiendo el enfoque crítico de los filósofos de la ciencia, en contra del autoritarismo que se asociaba a la idea de probar y verificar las teorías, la didáctica de las ciencias, privilegia la discusión y el diálogo, sosteniendo la importancia de una argumentación crítica en la que las ideas propias sean defendidas tenazmente.<sup>42</sup>

Por último, recogiendo la enseñanza de la filosofía de la ciencia, la *didáctica de las ciencias* propone que es preciso enseñar a los alumnos que la ciencia no se desarrolló en una línea recta, sino a través de muchísimos puntos de vista conflictivos que generaron, frecuentemente, la competencia entre programas rivales, hecho que trajo como consecuencia el que la ciencia pudiera aumentar el poder explicativo de sus teorías.<sup>43</sup>

## 5. EL CONSTRUCTIVISMO COMO SU REFERENTE TEÓRICO-METODOLÓGICO

La orientación constructivista constituye, sin duda, el consenso emergente en la enseñanza de las ciencias y ha sido calificada como *la fuerza conductora más poderosa y fructífera en la investigación en este campo*.<sup>44</sup> Las propuestas constructivistas han mostrado una gran capacidad integradora de estudios muy diversos: desde la epistemología contemporánea -Bachelard, Kuhn, Lakatos, Toulmin, Feyerabend.- a las concepciones de Piaget, pasando por los trabajos de Ausubel o Vygotsky. Esta coherencia básica de los resultados de investigaciones, inicialmente inconexas, ha reforzado, sin duda, el valor de las concepciones constructivistas sobre la

<sup>39</sup> Nussbaum, J. "Classroom conceptual change." *International journal of science education*. 1989, 11. pp. 530-531.

<sup>40</sup> Gil, D. "Contribución de la historia.." *Op. cit.* pp. 201-203.

<sup>41</sup> *Ibidem.* pp. 261-262.

<sup>42</sup> Gil, D.; Pessoa, A.; Fortuny, J. y Azcárate, C. *Formación del profesorado de las ciencias y la matemática*. 1994. p. 40.

<sup>43</sup> Gil, D. y Martínez Torregrosa, J. "Los programas de actividades. Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias." En: *Investigación en la escuela*. 1987, 3, pp. 10-12.

<sup>44</sup> Gil, D. "Contribución de la historia..." *Op. cit.* p. 200.

enseñanza-aprendizaje de las ciencias y ha conducido a un amplio consenso entre especialistas de diversos campos.

Aunque el constructivismo no es un marco teórico totalmente coherente y acabado, ya que se pueden identificar formas distintas de entenderlo y de aplicarlo, actualmente podemos afirmar que esta orientación es el principal referente de la comunidad, tanto investigadora, como docente, del campo de la *didáctica de las ciencias*. El constructivismo inspira los programas actuales para reformar la enseñanza de la ciencia en la mayoría de países del mundo; infunde ánimo en los libros de texto; es objeto de grandes congresos internacionales y de numerosos artículos en revistas y sostiene importantes programas de investigación.<sup>45</sup> Los métodos de enseñanza constructivista son ampliamente difundidos y se han depositado grandes esperanzas en ellos. Glasersfeld afirma que *si la teoría del conocer que sostiene el constructivismo, se adoptase como una hipótesis de trabajo general, produciría algunos cambios bastante profundos en la práctica de la educación.*<sup>46</sup>

Por doquier han proliferado los currícula de ciencias basados en las líneas constructivistas cuya meta es hacer que la ciencia tenga sentido para los alumnos y que los conocimientos sean construidos por el propio aprendiz.

47

## 5.1. CONCEPCIÓN.

Desde luego, excede a las posibilidades y a los propósitos de este trabajo ofrecer una explicación exhaustiva sobre todas las interpretaciones del constructivismo. Sin embargo es preciso profundizar un poco en algunos de los significados que ha ido adoptando esta corriente, para poder apreciar cómo se ha ido modificando y enriqueciendo, hasta llegar a las acepciones del constructivismo que coexisten en la actualidad. Haremos también un intento de analizar, posteriormente, sus interpretaciones epistemológicas y sus implicaciones para la didáctica de las ciencias.

La orientación constructivista consiste, según Striken en dos principios básicos:

1) La idea de que el pensamiento es activo en la construcción del conocimiento, es decir, que el aprendizaje es más una consecuencia de la actividad mental del que aprende, que de una acumulación de informaciones y procedimientos.

<sup>45</sup> Podemos citar el proyecto *Children's learning in science* de la Universidad de Leeds y el proyecto *Students intuitions and scientific instruction* de la Universidad de British Columbia.

<sup>46</sup> Glasersfeld, E. "Cognition, construction of knowledge and teaching." En: *Synthese*, 1987. No. 80 (1), p.121.

<sup>47</sup> Por ejemplo, el currículum de Nueva Zelanda desde 1992 ha seguido esta orientación. La introducción a este documento dice: *Este programa pretende ayudar a los estudiantes a aprender ciencias en el contexto de sus propias experiencias culturales, sus preocupaciones, conocimientos previos, costumbres y lenguaje.* Asimismo, la definición de ciencia que adopta presenta matices claramente constructivistas: *la exploración e investigación por la gente de sus mundos biológicos, físicos, y tecnológicos, haciendo que tengan sentido de manera lógica y creativa.*

2) La idea de que los conceptos son inventados, más que descubiertos. Es decir; el que aprende construye formas propias de ver y de explicar el mundo (lo cual es diferente a pensar que a través de su actividad descubre o redescubre los conceptos y teorías propias de la ciencia actual).<sup>48</sup>

En estos principios convergen todas las diversas formas de entender el constructivismo, por otra parte muy variadas, entre las que podemos citar: el duro, el débil, el de contexto humanístico, el piagetiano, el realístico, el social, etcétera.

Desde el punto de vista del argentino Rigo Lemini, el constructivismo considera la existencia de procesos activos en la construcción del conocimiento. Este autor, habla de un sujeto cognoscitivo aportante, que integra, a través de su labor constructiva, lo que le ofrece su entorno. De esta manera, el conocimiento tiene que ver fundamentalmente con mecanismos intelectuales y endógenos del sujeto, pero es fuertemente determinado por factores socioculturales y socioafectivos.<sup>49</sup>

Otros autores han sostenido que es mediante la realización de un *aprendizaje significativo* que el individuo construye significados que enriquecen su conocimiento del mundo físico y social, potenciando su crecimiento personal.<sup>50</sup>

Matthews, uno de los autores más reacios a aceptar que el constructivismo sea realmente un marco teórico específico, argumenta que bajo este referente se recogen posiciones epistemológicas basadas en Kuhn, Toulmin, Feyerabend, Lakatos y otros, y en posiciones psicológicas basadas, entre otras, en Piaget, Ausubel y Vygotsky. Resume su posición diciendo: *el constructivismo es como una casa que contiene muchísimas habitaciones*.<sup>51</sup>

Para ilustrar un poco más la variedad de interpretaciones que existen en torno al constructivismo habremos de hacer alusión a un congreso recientemente celebrado en Barcelona,<sup>52</sup> en el que se puso de manifiesto, tanto en los debates como en los trabajos presentados, que la concepción constructivista era una tendencia compartida por todos los asistentes.<sup>53</sup> Entre otros asuntos, se discutió el alcance de la corriente constructivista y se llegó a las siguientes conclusiones:

-Que las diferentes ponencias dejaban traslucir claramente formas diferentes de entender el constructivismo

<sup>48</sup> Strike, K. y Posner, G. "Una revisión teórica del cambio conceptual" En: Duschl, R. y Hamilton, R. (comps.) *La filosofía de la ciencia, la psicología cognitiva y la teoría y la práctica educativa*. 1993. Albany, N.Y.

<sup>49</sup> Rigo Lemini, M.A. "La aproximación constructivista del diseño curricular." Ponencia presentada en el *Seminario la psicología educativa y los procesos curriculares*. 1992. Facultad de Psicología, México, UNAM.

<sup>50</sup> Ausubel, D. *Psicología educativa*. Op. cit. También en: García Madruga, J. "La teoría del aprendizaje verbal significativo". En: Coll, C; Palacios, J. y A. Marchesi (comps.) *Desarrollo psicológico y educación, II. Psicología de la educación*. 1990, pp. 441-442

<sup>51</sup> Matthews, M. "Vino viejo en botellas nuevas. Un problema con la epistemología constructivista" En: *Enseñanza de las ciencias*, 1994, 12 (1), pp. 80-84.

<sup>52</sup> Nos referimos al Congreso sobre *Enseñanza de las ciencias* realizado en 1993, en la Universidad Autónoma de Barcelona, España.

<sup>53</sup> Las ponencias y debates de este seminario fueron publicadas en un número monográfico de la revista *Infancia y aprendizaje*. 1994. No. 62-63

-Que la diversidad de enfoques y propuestas que se autodefinían como *constructivistas* hacían que el constructivismo jugara un papel de "comodín" dentro del que cabía casi todo.

En forma anecdótica, en dicho congreso se escucharon frases como "*Decir constructivismo, es como no decir nada*" "*Pero...¿de que constructivismo se habla?*" "*Y ahora que todos somos constructivistas ¿que?*" "*No hay que hablar tanto de constructivismo, sino de propuestas concretas para mejorar la práctica en el aula.*"<sup>54</sup>

Desde nuestro punto de vista, hay mucho de acertado, profundo y progresista en la teoría y en la práctica constructivistas. Su hincapié en que el alumno participe en la construcción de su propio conocimiento y su insistencia en la importancia de comprender los esquemas conceptuales de los estudiantes para poder enseñar de forma fructífera, nos parecen acertados, ya que suponen una mejora importante, tanto respecto a la enseñanza por transmisión-recepción, como respecto a la enseñanza por descubrimiento autónomo. Nos parece que el constructivismo tiene razón al subrayar la potenciación de los aspectos inventivos y creativos del alumno, así como la dependencia del conocimiento de la cultura y de la historia. Consideramos también progresista su postura en torno al diálogo, a la discusión, a la justificación de las opiniones de los estudiantes y del propio profesor, a partir de un contexto social.

Consideramos que su aspecto más importante es el de remarcar la comprensión como objetivo de la enseñanza, dado que, según nuestra experiencia, este aspecto constituye un avance esencial frente a la prioridad que tuvo la repetición memorística de teorías y fórmulas que caracterizó a tantas aulas de ciencias, en las cuales los estudiantes memorizábamos todo, pero no comprendíamos a fondo casi nada. Por el contrario, en las aulas constructivistas, como afirma Hodson, *los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones científicas en las que construyen y discuten sus conocimientos.*<sup>55</sup>

## 5.2. LAS ORIENTACIONES DEL CONSTRUCTIVISMO.

Actualmente se discute si el constructivismo es solamente un marco psicológico que explica cómo los individuos aprenden, o también puede considerarse como un marco teórico para la *didáctica de las ciencias*. Es decir, si se puede hablar tanto de enseñanza constructivista como de aprendizaje constructivista. Este fue uno de los temas de debate en un congreso que se celebró en 1992 en Australia y que reunió a 16 de los más importantes investigadores del área. A pesar de las discusiones no hubo acuerdo, ya que para algunos no era adecuado hablar de "enseñanza constructivista", argumentando que se caería en contradicción con la idea definitoria del

<sup>54</sup> Gómez Granell, C. y Coll, C. "¿De que hablamos cuando hablamos de Constructivismo?" En: *Cuadernos de pedagogía*, 1994, No. 221, pp. 8-10.

<sup>55</sup> Hodson, D. "In search of a meaningful relationship in science education". *International Journal of science education*. 1992, 14 (5), p. 541.

constructivismo, entendido como "proceso de autoaprendizaje". En el lado opuesto, los defensores de una "enseñanza constructivista", ponían énfasis en los muchos cambios en la enseñanza que eran consecuentes con esta orientación.<sup>56</sup>

Desde el punto de vista psicológico hemos encontrado que la orientación constructivista reúne las aportaciones de diversas corrientes asociadas genéricamente a la teoría cognoscitivista, la que le otorga los siguientes atributos:

- *Construcción cognitiva.* La cognición es el resultado de un proceso mental activo a través del cual se reestructura el conocimiento previamente acumulado.
- *Proceso constructivo.* La cognición implica una organización del conocimiento a través de un proceso, que nunca termina, de construcción, desconstrucción y reconstrucción de sus estructuras.
- *Contraste.* El constructivismo necesita pluralismo y relación entre ideas más que un simple desarrollo de nuevas concepciones.
- *Realismo crítico.* El conocimiento es algo transitorio y provisional que está influenciado por la naturaleza del fenómeno, el contexto personal, el lenguaje y la predisposición.
- *Autodeterminación.* El constructivismo es necesariamente un proceso metacognitivo y autorregulado que conlleva a aprender-a-aprender algo, con un objetivo determinado.
- *Colegialidad.* El constructivismo implica un contexto social donde las concepciones puedan ser comunicadas, discutidas, comprobadas, negociadas.<sup>57</sup>

De entre las principales aportaciones de la teoría cognoscitivista a la orientación constructivista, podemos señalar: el enfoque psicogenético piagetiano, la teoría ausubeliana de la asimilación y el aprendizaje significativo, la psicología sociocultural vygotskyana y la concepción bruneriana del descubrimiento, entre otras. Estas corrientes se sitúan en marcos teóricos diferentes, pero comparten el principio de que los individuos han de construir su propio conocimiento, difiriendo entre sí, en la precisión de los mecanismos a través de los cuales se construye el mismo.

Una de las grandes discusiones en este campo se centra en la disyuntiva de si la construcción del conocimiento es individual o es socio-cultural. Entre los defensores del primer punto de vista se encuentra Von Glaserfeld quien es representante del llamado "constructivismo radical", concepción utilizada especialmente en el ámbito de la didáctica de la matemáticas, que sostiene que la construcción es individual, cercana a los planteamientos piagetianos. En el lado opuesto, en el campo de la *didáctica de las ciencias*, se defiende cada vez más la visión de construcción del conocimiento como un proceso social de culturización científica, en la línea vygotskyana.<sup>58</sup>

<sup>56</sup> Fensham, P. *et al. The content of science.* 1988. pp. 121-122

<sup>57</sup> Watts, M. "Constructivism, re-constructivism and task-orientated problem solving." En: Fensham, *et al. The content of science.* 1994, pp. 29-38.

<sup>58</sup> Driver, R. *et al.* "Constructing scientific knowledge in the classroom" En: *Educational researcher.* 1994, 23, (7), pp. 5-12.

Entre los más connotados autores que sostienen que el constructivismo se refiere no sólo a los procesos de aprendizaje, sino a los de enseñanza, se encuentran Cesar Coll y Rosalind Driver, de quienes, a continuación expondremos sus más importantes puntos de vista sobre el asunto que nos ocupa: .

Según Coll, la concepción constructivista del aprendizaje escolar se sustenta en la idea de que el objetivo de la educación que se imparte en las instituciones educativas es promover los procesos de crecimiento personal del alumno en el marco de la cultura del grupo al que pertenece. Estos aprendizajes no se producirían satisfactoriamente, a no ser que se suministre una ayuda específica a través de la participación del alumno en actividades intencionales, planificadas y sistemáticas desarrolladas por un profesor, que logren propiciar en el alumno una actividad mental constructiva. Así la construcción del conocimiento escolar puede sustentarse desde dos vertientes:

- a) *Los procesos psicológicos implicados en el aprendizaje.*
- b) *Los mecanismos de influencia educativa susceptibles de promover, guiar y orientar dicho aprendizaje.*<sup>59</sup>

Coll complementa en este sentido, que la finalidad última de la intervención pedagógica es desarrollar en el alumno la capacidad de realizar aprendizajes significativos por sí solo en una gama de situaciones y circunstancias, es decir la escuela le habrá enseñado a *aprender a aprender*.<sup>60</sup>

En otro lugar, Coll desarrolla las tres ideas fundamentales en torno a las cuales se organiza la concepción constructivista:

1. *El alumno es el responsable último de su propio proceso de aprendizaje. Él es quien construye (o se construye) los conocimientos de su grupo cultural. Es realmente activo incluso cuando escucha o lee la exposición de los otros.*
2. *La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que ya posee en un grado diverso de elaboración; su tarea consistirá en reestructurarlos para hacerlos significativos.*
3. *La función del docente es conectar los procesos de construcción del alumno con el saber colectivo culturalmente organizado. Esto implica que la función del profesor no se limitará a crear las condiciones óptimas para que el alumno despliegue una actividad constructiva, sino que además su labor debe extenderse a orientar y guiar, explícita y deliberadamente, dicha actividad.*<sup>61</sup>

Desde la perspectiva de Driver, claramente orientada también a la enseñanza, existen una serie de pautas que caracterizan al abordaje constructivista:

1. *El alumno es el protagonista de su propio aprendizaje ya que es él quien construye sus conocimientos. El profesor debe elaborar las estrategias necesarias y crear las circunstancias precisas para que el alumno aprenda.*
2. *Se deben tener en cuenta los conocimientos previos de los alumnos que se estructuran en forma de esquemas con los que operan.*

<sup>59</sup> Coll, C. *Psicología y currículum*. 1988, pp. 130-133.

<sup>60</sup> *Ibidem*. p.133

<sup>61</sup> Coll, C. "Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: La concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñanza." En: Coll, C.; Palacios, J. y A. Marchesi (comps.). *Desarrollo psicológico y educación, II*. 1990. pp. 441-442

3. El aprendizaje consiste en la modificación de los esquemas mentales de los alumnos por incorporación de nuevos conceptos, lo que equivale a un aumento de su complejidad, o bien a modificaciones en las relaciones que se habían establecido entre los conceptos.
4. Los temas a tratar deben ser relevantes, favoreciendo la relación entre ciencia, técnica y sociedad.
5. Las fuentes de aprendizaje son muchas y variadas, no residen exclusivamente en el profesor, revelándose los compañeros de los alumnos como un factor de aprendizaje a tomar en cuenta y a potenciar. De ahí la importancia de los trabajos en grupo, la emisión de hipótesis, el diseño de experiencias, la evaluación de resultados, etcétera.
6. La necesidad de construir los conocimientos, supone una inversión de tiempo mayor que la simple transmisión de conceptos. Esto significa la reestructuración de los contenidos de los programas.
7. El aprendizaje significativo conlleva a una interiorización de actitudes y una aceptación de nuevos valores, por lo que es necesario desarrollar actitudes positivas hacia el objeto de aprendizaje.<sup>62</sup>

Tratando de tomar una posición que guíe este trabajo, cabe señalar que, para nosotros, el *constructivismo* se refiere a los métodos de enseñanza, que deben usarse para propiciar la construcción del conocimiento por los alumnos. Es decir, llamaremos *constructivismo* al referente teórico que sirve de base en el diseño de prácticas docentes que favorezcan la actividad constructiva del que aprende, a fin de que éste pueda tomar la responsabilidad de su aprendizaje, aprender a discutirlo con los demás y autorregularlo. Estas prácticas, para considerarse constructivistas, deben tener en cuenta las concepciones y los intereses de los estudiantes, facilitar la interacción social en el aula y la discusión de significados del conocimiento con los alumnos. En ese sentido, en el marco de esta investigación, cuando se hable de constructivismo, no nos referiremos ni al constructivismo psicológico, ni al constructivismo epistemológico, sino al *constructivismo didáctico de las ciencias*, mismo que reúne puntos de vista sobre cómo se enseña y cómo se aprende la ciencia.

Para terminar este apartado diremos que, a pesar de la ambigüedad del concepto, el constructivismo ha sido una idea fructífera que ha permitido desarrollar extraordinariamente la investigación en la *didáctica de las ciencias*. Su concepción ha evolucionado con los años. Desde posiciones centradas en describir las ideas de los estudiantes, se ha pasado a la búsqueda de modelos que las expliquen; desde explicar la enseñanza-aprendizaje como cambio conceptual de cada estudiante, se está pasando a conocer cómo se construye la ciencia colectivamente, a partir de procesos metacognitivos; y desde analizar solamente al estudiante, se ha pasado a estudiar también al profesor y sus interacciones con el alumnado. Se analizan ya no sólo las concepciones relacionadas con conceptos científicos concretos, sino también sobre la ciencia en general. Actualmente se están profundizando y debatiendo sus fundamentos sociológicos, psicológicos y epistemológicos.

<sup>62</sup> Driver, R., "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". En: *Enseñanza de las ciencias*, 1986, 4 (1), pp. 3-16.

Por todo ello se puede resumir que, en estos momentos, la investigación en el campo de la *didáctica de las ciencias* dispone un cuerpo teórico coherente pero abierto, el constructivismo, que ha ido evolucionando y mantiene planteamientos prometedores.

Cabe aclarar sin embargo, que existen otros problemas propios de la enseñanza moderna de las ciencias que no necesariamente derivan de la orientación constructivista, como son los relacionados con la línea *Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS)*, los que se refieren al uso de nuevas tecnologías en la enseñanza, a la resolución de problemas, al desarrollo de actitudes, etcétera., No obstante, no están en contradicción con el constructivismo y cada vez los autores los relacionan más con él.

## 6. RESUMEN.

En los siguientes párrafos intentaremos resumir las afirmaciones más importantes hechas en este capítulo sobre la nueva área de conocimiento llamada *didáctica de las ciencias*.

- Se puede afirmar que la *didáctica de las ciencias* es un área de conocimiento del ámbito de las ciencias sociales, que se ocupa de los problemas relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales tanto en instituciones educativas, como en contextos no escolares. Es un campo o dominio de enseñanza y de investigación que integra su referente teórico y metodológico con componentes de la filosofía de la ciencia, de la psicología cognitiva, de la pedagogía, de la sociología educativa y de las propias disciplinas científicas, entre otros.
- La literatura mundial de los últimos años, da cuenta de la diversidad de estudios e investigaciones llevadas a cabo en este terreno específico, hecho que confirma a la *didáctica de las ciencias* como un área de conocimiento emergente, pero que avanza cada vez más hacia su consolidación. Al mismo tiempo, la revisión de diversos aspectos de su puesta en práctica, en diversas latitudes, pone de manifiesto su vitalidad y desarrollo.
- Esta área de conocimiento, está vinculada a muchas otras, de las cuales toma diferentes modelos teóricos para elaborar los propios.
- La interpretación de las situaciones problemáticas que estudia, la realiza sobre la base de síntesis de puntos de vista constructivistas, pero no excluye la inclusión de otros modelos teóricos. El fundamento de su teoría y de su práctica, lo aportan diversas escuelas de pensamiento, fundamentalmente del campo de la psicología cognitiva y de la filosofía de la ciencia.

## CAPÍTULO IV.

### LA CIENCIA QUE DEBEMOS CONOCER Y SELECCIONAR ANTES DE ENSEÑARLA.

La *didáctica de las ciencias* tiene como objetivo profundizar en los problemas que comporta la enseñanza de una de las áreas culturales que la humanidad ha construido a lo largo de la historia: *la ciencia*.

En tal sentido y en lo que a este capítulo concierne, abordaremos tres aspectos centrales sobre la ciencia que los profesores debemos conocer y tener muy claros para poder seleccionar adecuadamente los contenidos a enseñar a nuestros alumnos: de bachillerato: la naturaleza de la ciencia, la finalidad de su enseñanza y la transposición didáctica.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Es preciso señalar que, a partir de este capítulo consideramos de interés, analizar los temas desde dos vertientes: aquella relacionada con las concepciones del profesorado del área de ciencias experimentales del bachillerato del CCH, y aquella otra concerniente a las concepciones que sostiene actualmente la comunidad docente e investigadora de la didáctica de las ciencias.

La información sobre las concepciones del profesorado, la hemos derivado de los resultados de una investigación realizada en 1995, en el Seminario de Investigación sobre la práctica docente, del cual la autora de este trabajo es miembro activo. Dicha investigación se intitula: Gómez C., M. et al. *Investigación sobre la práctica docente de los profesores de asignatura del área de ciencias experimentales Plantel Sur. Producto de labores académicas 1994-1995.*

En dicho trabajo se hizo un estudio de las concepciones y de la práctica docente de los profesores de asignatura del área de ciencias experimentales, mediante un cuestionario de respuestas abiertas, aplicado a 110 profesores. Cabe aclarar que aunque esa investigación contiene muchos otros aspectos que no son de interés para nuestro tema de estudio, pues no fue realizada directamente para efectos de documentar el presente trabajo, muchas de las preguntas incluidas en el cuestionario, nos son útiles ahora para conocer las opiniones del profesorado sobre la ciencia y la educación científica.

A pesar de que la muestra de profesores participantes en dicha investigación, se circunscribió únicamente a un plantel del Colegio, consideramos que las respuestas, pueden ser representativas de la comunidad docente del área, dado que todos los enseñantes hemos trabajado bajo el mismo modelo educativo, con los mismos programas, los mismos recursos formativos, etcétera. Es preciso señalar también que no es nuestra intención aportar datos cuantitativos sobre las opiniones de los profesores, sino únicamente hemos utilizado algunas de sus respuestas para ilustrar y describir, en el marco de nuestra institución, las concepciones teóricas y metodológicas que existen sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

## CAPÍTULO IV.

### LA CIENCIA QUE DEBEMOS CONOCER Y SELECCIONAR ANTES DE ENSEÑARLA.

La *didáctica de las ciencias* tiene como objetivo profundizar en los problemas que comporta la enseñanza de una de las áreas culturales que la humanidad ha construido a lo largo de la historia: *la ciencia*.

En tal sentido y en lo que a este capítulo concierne, abordaremos tres aspectos centrales sobre la ciencia que los profesores debemos conocer y tener muy claros para poder seleccionar adecuadamente los contenidos a enseñar a nuestros alumnos: de bachillerato: la naturaleza de la ciencia, la finalidad de su enseñanza y la transposición didáctica.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Es preciso señalar que, a partir de este capítulo consideramos de interés, analizar los temas desde dos vertientes: aquella relacionada con las concepciones del profesorado del área de ciencias experimentales del bachillerato del CCH, y aquella otra concerniente a las concepciones que sostiene actualmente la comunidad docente e investigadora de la didáctica de las ciencias.

La información sobre las concepciones del profesorado, la hemos derivado de los resultados de una investigación realizada en 1995, en el Seminario de Investigación sobre la práctica docente, del cual la autora de este trabajo es miembro activo. Dicha investigación se intitula: Gómez C., M. *et al. Investigación sobre la práctica docente de los profesores de asignatura del área de ciencias experimentales Plantel Sur. Producto de labores académicas 1994-1995.*

En dicho trabajo se hizo un estudio de las concepciones y de la práctica docente de los profesores de asignatura del área de ciencias experimentales, mediante un cuestionario de respuestas abiertas, aplicado a 110 profesores. Cabe aclarar que aunque esa investigación contiene muchos otros aspectos que no son de interés para nuestro tema de estudio, pues no fue realizada directamente para efectos de documentar el presente trabajo, muchas de las preguntas incluidas en el cuestionario, nos son útiles ahora para conocer las opiniones del profesorado sobre la ciencia y la educación científica.

A pesar de que la muestra de profesores participantes en dicha investigación, se circunscribió únicamente a un plantel del Colegio, consideramos que las respuestas, pueden ser representativas de la comunidad docente del área, dado que todos los enseñantes hemos trabajado bajo el mismo modelo educativo, con los mismos programas, los mismos recursos formativos, etcétera. Es preciso señalar también que no es nuestra intención aportar datos cuantitativos sobre las opiniones de los profesores, sino únicamente hemos utilizado algunas de sus respuestas para ilustrar y describir, en el marco de nuestra institución, las concepciones teóricas y metodológicas que existen sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

## 1. LA NATURALEZA DE LA CIENCIA.

### 1.1. VISIÓN DE LOS PROFESORES DEL BACHILLERATO DEL CCH.

Uno de los reactivos del cuestionario incluido en la investigación referida a pie de página, preguntaba a los profesores, cuál era su definición de ciencia. Algunas respuestas revelaron que los profesores tenían una idea de ciencia de tipo empírico-inductivista muy vinculada con el modelo que caracterizó los programas del CCH por más de 20 años. Dentro de este grupo, obtuvimos respuestas como las siguientes: *la ciencia es la búsqueda de la verdad; la ciencia llega a sus conclusiones a través de la observación y el análisis de los fenómenos naturales*. Cabe señalar también que la mayoría de profesores, se inclinaron por una visión experimentalista de la ciencia, con respuestas como: *la ciencia tiene como fin probar hipótesis utilizando el método científico o, la ciencia debe basarse en hechos comprobables a través de la experimentación*. Muy pocos profesores de la muestra relacionaron la naturaleza de la ciencia con el planteamiento de teorías, y solamente dos profesores se refirieron a la relatividad del conocimiento.

De la información analizada pudimos concluir que una gran mayoría de profesores tienen las siguientes ideas sobre la naturaleza de la ciencia:

- Es un conocimiento verdadero y demostrado.
- Basa sus afirmaciones en la investigación, en la experimentación y en la comprobación de hipótesis.
- Sus afirmaciones son incuestionables y provee de respuestas ciertas.
- Se llega a la "verdad científica" a través de la observación y de la experimentación.

Estas visiones tradicionales de la ciencia, evidencian la importancia de que se promueva entre los profesores, una nueva reflexión sobre la naturaleza de la ciencia y sobre las condiciones de creación del conocimiento científico.

Sin embargo cabe señalar que nuestra situación no difiere de la de otros países del mundo. Encontramos que Portán <sup>2</sup> en un artículo publicado en 1994, llegó también a la conclusión de que la imagen de ciencia que tenían los profesores que impartían asignaturas científicas se basaba en los principios de neutralidad, veracidad, superioridad del conocimiento científico y racionalidad.

Nadeau y Désautels <sup>3</sup> afirman también que *la actual enseñanza de las ciencias contribuye a reforzar algunos mitos que forman parte de la ideología científicista*, a los que ponen los sugestivos títulos de:

<sup>2</sup> Portán, R. "Concepciones epistemológicas de los profesores". En: *Investigación en la escuela*. 1994, 22, pp. 67- 84.

<sup>3</sup> Nadeau, R. y Désautels, J. *Epistémologie et didactique des sciences*. 1984. Citado por Sanmartí, N. en: *Proyecto docente... Op. cit.* p. 99.

1. *Realismo*: Las ciencias nos explican cómo son las cosas realmente, cómo funcionan.
2. *Empirismo beatífico*: La ciencia es la búsqueda de la verdad a través de la observación, la experimentación y el análisis de los fenómenos naturales.
3. *Verificación crédula*: Existe un camino -la experimentación-, que siguiendo el método científico, conduce a la verdad definitiva.
4. *Idealismo ciego*: La ciencia es objetiva, está al margen de las ideologías.
5. *Racionalismo*: La ciencia nos acerca gradualmente a la verdad, sin cambios bruscos ni rupturas.

## 1.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

En torno a la pregunta *¿qué es la ciencia?* existe actualmente un debate abierto entre filósofos, historiadores de la ciencia e incluso profesores de ciencias. No consideramos necesario repetir los argumentos de estos grupos, pues ya quedaron expuestos en el capítulo anterior. Sin embargo, con el fin de enmarcar el contenido de los apartados siguientes, recapitularemos brevemente las ideas centrales de los principales enfoques acerca de la naturaleza de la ciencia.

Se consideran puntos de vista tradicionales de la ciencia aquellos que asocian la génesis del conocimiento científico con la observación-experimentación, o bien con la racionalidad del pensamiento humano. Son posiciones empíricas que se caracterizan, por un lado, por cierta desvinculación entre las observaciones y las teorías y, por el otro, por el papel que conceden a la lógica en la justificación de las observaciones. A principios de este siglo, los filósofos adscritos al *Círculo de Viena* promovieron una nueva visión de la corriente positivista que pretendía, entre otros aspectos, desarrollar reglas lógicas que sirvieran para decidir si ciertas afirmaciones teóricas podían derivarse de determinadas afirmaciones observacionales.<sup>4</sup> Consideramos que este fue un momento difícil de la ciencia, pues llevó a plantear que todo aquello que pudiera ser calificado como científico, tenía la garantía de verdadero y de indiscutible. Las respuestas descritas en el apartado anterior, comprueban que este punto de vista aún prevalece entre los profesores de ciencia, al menos en el CCH.

Una nueva visión filosófica de la ciencia surgió en los años cincuentas, al poner en duda, en un primer momento, la relación entre la experimentación y el origen de las teorías científicas y, en un segundo momento, la racionalidad de la ciencia. Se concluyó que la génesis del conocimiento científico responde a un proceso complejo, en el que los factores racionales, los empíricos y los sociales se interrelacionan fuertemente y que, por lo tanto, no es posible reducirlo a la aplicación de un método ni de unas reglas que conduzcan a la verdad.

<sup>4</sup> Duschl, R. "Research on the history..." *Op. cit.* p. 444

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

La confrontación entre una visión de la ciencia objetiva, racional y rigurosa, heredada del positivismo y las ideas acerca del origen histórico y social de los conocimientos, condicionados, a su vez, por las perspectivas teóricas de quien investiga, que repostularon los filósofos de la ciencia, abrieron paso a muchos interrogantes y a una nueva manera de concebir la enseñanza de las ciencias. Las teorías de la nueva visión filosófica de la ciencia, reorientaron importantes aspectos para su enseñanza. De entre ellos podemos destacar los siguientes:

- . La naturaleza del conocimiento científico y el papel de la teoría.
- . La naturaleza del método científico y el papel de la experimentación.
- . Cómo se arriba a una nueva teoría.

No es necesario volver a algunos aspectos ya tratados en el capítulo anterior; sin embargo, llama la atención que a pesar de que existen publicados un elevado número de trabajos de investigación sobre la vinculación entre la filosofía de la ciencia y la enseñanza de la misma, estos han tenido poco impacto al interior de los planes de estudio y de las aulas; la mayoría de los profesores tienen concepciones alejadas de estos planteamientos y los materiales didácticos, fundamentalmente los libros de texto, presentan frecuentemente puntos de vista ya superados.

Al respecto, Daniel Gil afirma que a pesar de que se han realizado muchos trabajos en los que se difunden las ideas derivadas de la nueva visión de la ciencia, hasta la fecha ha prevalecido la visión empiricista tradicional en su enseñanza. De hecho, puede observarse que en el aula los profesores transmiten explícita o implícitamente las siguientes visiones sobre el trabajo científico:

- *Empirista, exclusivamente analítico, rígido, dogmático (algorítmico, exacto, infalible).*
- *Descontextualizado de los problemas científicos de la sociedad y de la historia.*
- *Socialmente neutro (no tiene nada que ver con la ideología ni con los problemas sociales).*
- *individualista y elitista (solamente puede incluir a genios que trabajan solitarios).*
- *Acumulativo, lineal, de sentido común.*<sup>5</sup>

Todos estos aspectos contrastan fuertemente con los conceptos modernos sobre la enseñanza de la ciencia, derivados, en buena medida, de la nueva cara de la filosofía de la ciencia. Son como dos mundos totalmente incomunicados, sin apenas interrelación. Para explicar esta desvinculación, Hobson afirma que una de las dificultades en el establecimiento de relaciones entre las teorías filosóficas y los métodos de enseñanza, se debe principalmente al periodo de cambios rápidos en la filosofía de la ciencia, que ha dificultado su conocimiento, su difusión y la selección de los puntos de vista más interesantes para el diseño de programas de enseñanza.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Gil, D. "Contribución de la historia...". *Op. cit.* pp. 204-205

<sup>6</sup> Hobson, D. "Philosophy of science, science, and science education". En: *Studies in science education*. 1985, 12, pp. 25-57

A nuestro juicio, el punto de partida para transformar la enseñanza de las ciencias en el aula sería promover programas de formación de profesores en los que se establecieran puentes entre la manera tradicional de concebir la ciencia y las nuevas formas de entenderla. Aunque no hay un único punto de vista filosófico sobre la naturaleza de la ciencia, es preciso formar conciencia de las siguientes ideas que actualmente destacan sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico:

- . La percepción del mundo es subjetiva y racional.
- . El conocimiento científico es de naturaleza simbólica.
- . Las *observaciones* están influenciadas por las propias teorías.
- . Los objetos de la ciencia no son los fenómenos de la naturaleza, sino las construcciones que la comunidad científica ha elaborado para interpretarla.
- . La aplicación del *método científico* no lleva a descubrir las verdades de la naturaleza y la experimentación no es el único camino para hacer crecer el conocimiento.
- . La discusión de distintos puntos de vista entre la comunidad científica, orienta el desarrollo del conocimiento.
- . La influencia que tienen los factores sociales en el desarrollo del conocimiento científico.
- . El cambio de una teoría imperante, aunque se imponga por su racionalidad y por evidencias empíricas, responde a muchos condicionamientos sociales.<sup>7</sup>

Lo anteriormente expuesto no implica que se considere al conocimiento científico como relativo y que se pueda prescindir de la relación teoría-experimentación, es decir, del componente empírico que ha de permitir establecer relaciones entre el mundo de las ideas y el mundo de los hechos.

## 2. LA FINALIDAD DE SU ENSEÑANZA.

La importancia de enseñar ciencia ha sido reconocida en todo el mundo. Las instituciones educativas valoran hoy la enseñanza de las ciencias como algo fundamental y necesario, no sólo para aquellos alumnos que en el futuro serán científicos o técnicos, sino para la formación de todos los estudiantes. La generalización de los conocimientos científicos a toda la población estudiantil conlleva, necesariamente, una redefinición de la finalidad de la enseñanza de la ciencia y una selección cuidadosa del tipo de contenidos a los que se les dará prioridad, así como un cuidado especial del contexto en el que se enseñarán. El problema de la selección de los

<sup>7</sup> Carr, M. et al. "The constructivism paradigm and some implications for science content and pedagogy". En: Fensham, P. (Ed.) *The content of science*. 1994, pp. 131-146.

A nuestro juicio, el punto de partida para transformar la enseñanza de las ciencias en el aula sería promover programas de formación de profesores en los que se establecieran puentes entre la manera tradicional de concebir la ciencia y las nuevas formas de entenderla. Aunque no hay un único punto de vista filosófico sobre la naturaleza de la ciencia, es preciso formar conciencia de las siguientes ideas que actualmente destacan sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico:

- La percepción del mundo es subjetiva y racional.
- El conocimiento científico es de naturaleza simbólica.
- Las *observaciones* están influenciadas por las propias teorías.
- Los objetos de la ciencia no son los fenómenos de la naturaleza, sino las construcciones que la comunidad científica ha elaborado para interpretarla.
- La aplicación del *método científico* no lleva a descubrir las verdades de la naturaleza y la experimentación no es el único camino para hacer crecer el conocimiento.
- La discusión de distintos puntos de vista entre la comunidad científica, orienta el desarrollo del conocimiento.
- La influencia que tienen los factores sociales en el desarrollo del conocimiento científico.
- El cambio de una teoría imperante, aunque se imponga por su racionalidad y por evidencias empíricas, responde a muchos condicionamientos sociales.<sup>7</sup>

Lo anteriormente expuesto no implica que se considere al conocimiento científico como relativo y que se pueda prescindir de la relación teoría-experimentación, es decir, del componente empírico que ha de permitir establecer relaciones entre el mundo de las ideas y el mundo de los hechos.

## 2. LA FINALIDAD DE SU ENSEÑANZA.

La importancia de enseñar ciencia ha sido reconocida en todo el mundo. Las instituciones educativas valoran hoy la enseñanza de las ciencias como algo fundamental y necesario, no sólo para aquellos alumnos que en el futuro serán científicos o técnicos, sino para la formación de todos los estudiantes. La generalización de los conocimientos científicos a toda la población estudiantil conlleva, necesariamente, una redefinición de la finalidad de la enseñanza de la ciencia y una selección cuidadosa del tipo de contenidos a los que se les dará prioridad, así como un cuidado especial del contexto en el que se enseñarán. El problema de la selección de los

<sup>7</sup> Carr, M. et al. "The constructivism paradigm and some implications for science content and pedagogy". En: Fensham, P. (Ed.) *The content of science*. 1994, pp. 131-146.

contenidos no es sólo consecuencia de los cambios en la finalidad de la enseñanza de las ciencias, sino también de la gran cantidad de conocimientos disponibles actualmente en todos los campos de esta área del saber. Además, muchos de los conocimientos científicos se concretan en las aplicaciones técnicas, mismas que rodean actualmente la vida del alumno. Sin embargo, es evidente que no puede enseñarse todo en la escuela, por lo que resulta necesario definir ciertos criterios de selección de contenidos.

## **2.1. VISIÓN DE LOS PROFESORES DEL BACHILLERATO DEL CCH.**

En la misma investigación mencionada anteriormente, interrogamos a los docentes sobre las finalidades de enseñar ciencias. Sus respuestas fueron también consecuentes con los planteamientos de una ciencia empírica, y con el modelo educativo del CCH, ya que obtuvimos respuestas como las siguientes: *que los alumnos vivan la experiencia de hacer ciencia, que adquieran habilidades metodológicas, que comprendan la naturaleza y sus fenómenos, que disfruten haciendo ciencia, que desarrollen un pensamiento lógico, etcétera.*<sup>8</sup>

Cabe señalar que ningún profesor hizo referencia a la importancia de analizar en el aula el proceso histórico a través del cual se llegó a dichos conocimientos, ni las consecuencias de los descubrimientos científicos en el desarrollo social y cultural de la humanidad. Asimismo, muy pocos consideraron como finalidades básicas de la enseñanza de las ciencias la importancia de formar a los alumnos en el cuidado del medio ambiente o de la salud, ni tampoco mencionaron la importancia de adquirir conocimientos sobre aplicaciones de la ciencia en la vida cotidiana.

En general, pudimos concluir que muchos profesores conciben (explícita o implícitamente) la enseñanza de las ciencias como la transmisión de un conjunto de conocimientos ya elaborados, intocables y fuera de toda relación con su génesis, con su aplicación a la vida cotidiana o con la formación de valores éticos o sociales.

## **2.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.**

Los cambios en la finalidad de la enseñanza se reflejan en el currículum. En los últimos veinte años, los cambios en este terreno han sido muy importantes y por doquier han surgido propuestas curriculares para la enseñanza de las ciencias. La tarea de clasificarlas no ha sido fácil, dado que todas incluyen, de alguna

---

<sup>8</sup> Gómez C., M. et al. *Investigación sobre la práctica...Op. cit. p. 18*

contenidos no es sólo consecuencia de los cambios en la finalidad de la enseñanza de las ciencias, sino también de la gran cantidad de conocimientos disponibles actualmente en todos los campos de esta área del saber. Además, muchos de los conocimientos científicos se concretan en las aplicaciones técnicas, mismas que rodean actualmente la vida del alumno. Sin embargo, es evidente que no puede enseñarse todo en la escuela, por lo que resulta necesario definir ciertos criterios de selección de contenidos.

## 2.1. VISIÓN DE LOS PROFESORES DEL BACHILLERATO DEL CCH.

En la misma investigación mencionada anteriormente, interrogamos a los docentes sobre las finalidades de enseñar ciencias. Sus respuestas fueron también consecuentes con los planteamientos de una ciencia empírica, y con el modelo educativo del CCH, ya que obtuvimos respuestas como las siguientes: *que los alumnos vivan la experiencia de hacer ciencia, que adquieran habilidades metodológicas, que comprendan la naturaleza y sus fenómenos, que disfruten haciendo ciencia, que desarrollen un pensamiento lógico, etcétera.*<sup>6</sup>

Cabe señalar que ningún profesor hizo referencia a la importancia de analizar en el aula el proceso histórico a través del cual se llegó a dichos conocimientos, ni las consecuencias de los descubrimientos científicos en el desarrollo social y cultural de la humanidad. Asimismo, muy pocos consideraron como finalidades básicas de la enseñanza de las ciencias la importancia de formar a los alumnos en el cuidado del medio ambiente o de la salud, ni tampoco mencionaron la importancia de adquirir conocimientos sobre aplicaciones de la ciencia en la vida cotidiana.

En general, pudimos concluir que muchos profesores conciben (explícita o implícitamente) la enseñanza de las ciencias como la transmisión de un conjunto de conocimientos ya elaborados, intocables y fuera de toda relación con su génesis, con su aplicación a la vida cotidiana o con la formación de valores éticos o sociales.

## 2.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

Los cambios en la finalidad de la enseñanza se reflejan en el currículum. En los últimos veinte años, los cambios en este terreno han sido muy importantes y por doquier han surgido propuestas curriculares para la enseñanza de las ciencias. La tarea de clasificarlas no ha sido fácil, dado que todas incluyen, de alguna

---

<sup>6</sup> Gómez C., M. et al. *Investigación sobre la práctica...Op. cit. p. 18*

manera, elementos similares. Es decir, un currículo basado en la enseñanza de procedimientos, también se propone la enseñanza de conceptos, de actitudes y de aplicaciones de la ciencia y viceversa. A pesar de ello, podemos dividirlos, según los aspectos del aprendizaje que abordan, de la siguiente forma:

- . Propuestas curriculares centradas en conceptos y teorías científicas.
- . Propuestas curriculares centradas en los métodos de la ciencia.
- . Propuestas curriculares centradas en las aplicaciones de la ciencia.

### . **Propuestas curriculares centradas en conceptos y teorías científicas.**

Los defensores de estas propuestas consideran que los conceptos y las teorías científicas son el fundamento de todo aprendizaje científico, es decir, que los conocimientos son los que posibilitan la construcción de una estructura de pensamiento que permite afrontar la comprensión de los fenómenos cotidianos.<sup>9</sup>

Dos de los dilemas más discutidos dentro de esta perspectiva, son:

-*Si los contenidos deben ser fundamentalmente descriptivos, o más bien abstractos.*<sup>10</sup> Driver comenta, a este respecto, que en los años sesentas se pensaba, que si un estudiante aprendía un concepto a un nivel abstracto, sabría aplicarlo a diferentes casos concretos. Ello solucionaba, además, el problema del elevado número de contenidos a enseñar. Sin embargo, la investigación didáctica mostró que la transferencia de un conocimiento abstracto a casos concretos no se produce, por lo que el dilema inicial se mantiene, y algunos de los enfoques modernos como el llamado Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), han vuelto a hacer hincapié en el aprendizaje de conceptos descriptivos.<sup>11</sup>

-*Si se deben enseñar conceptos particulares o conceptos generales y estructurantes* (por ejemplo, interacción, cambio, equilibrio, conservación, etcétera). Algunas propuestas de los años sesentas plantearon la necesidad de enseñar grandes categorías de ideas que fueran ejes del gran edificio de la ciencia. Las críticas a estos planteamientos se centran en la generalidad y abstracción de estas ideas, lo que en teoría dificulta que el alumnado pueda relacionarlo con los fenómenos cotidianos. No obstante lo anterior, actualmente es un punto de vista de considerable interés y muchas de las nuevas propuestas curriculares se basan en estos conceptos generales.

<sup>9</sup> Gómez, I. et al. "La selección de contenidos en ciencias". En: *Cuadernos de Pedagogía*. 1994. No. 168, pp. 41-42.

<sup>10</sup> *Ibidem*. p. 42.

<sup>11</sup> Driver, R. *The pupil as a scientist?* 1985. p. 16-17.

### · **Propuestas curriculares basadas en los procesos de la ciencia.**

Las propuestas curriculares basadas en el aprendizaje de los métodos de la ciencia tuvieron gran importancia entre los años sesentas y setentas. Ante la imposibilidad de enseñar todos los conceptos científicos se pensó que lo más importante era aprender a hacer ciencia. Si ello se conseguía, el estudiante podría aprender cualquier cosa. Se trataba de enseñar las operaciones básicas o procesos vinculados al llamado método científico, muy relacionados con las operaciones lógicas piagetianas. Se trataba de enseñar a razonar lógicamente y a aplicar este razonamiento a la resolución de problemas que pudieran ser estudiados científicamente.

Ya hemos afirmado que los estudios sobre las concepciones erróneas de los estudiantes y los debates sobre cómo se genera la ciencia, pusieron en duda este tipo de orientación curricular, además de que, a través de la experimentación, habitualmente sólo se confirma lo que ya se sabe, por mucho que se apliquen las llamadas *reglas de la investigación científica* que, por otro lado, no existen explícitas.<sup>12</sup>

A pesar de ello, continúa habiendo líneas de trabajo claramente basadas en esta orientación, pues, desde planteamientos neopiagetianos, se continúa considerando la importancia del razonamiento en el aprendizaje y la valoración de la lógica como contenido fundamental del *currículo*.<sup>13</sup> Aunque desde puntos de vista diferentes, en el campo de investigación relacionado con la resolución de problemas abiertos, también se continúa trabajando en esta perspectiva.

### · **Propuestas curriculares basadas en las aplicaciones de la ciencia.**

En los últimos años ha adquirido mucha importancia el movimiento curricular que promueve la enseñanza de una ciencia aplicada o ciencia en la acción, muy especialmente las propuestas llamadas *Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS)*.

Este tipo de propuestas nacieron para enfrentar varios problemas, entre los que podemos mencionar: la falta de motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje científico; la baja de la matrícula en las asignaturas y carreras científicas y la desconexión entre la ciencia y los problemas cotidianos.<sup>14</sup>

Según esta línea de trabajo los contenidos deben ser seleccionados, no tanto por su valor en relación con la ciencia "oficial", sino por su utilidad para que los estudiantes puedan comprender los problemas del mundo real, superando los mitos en torno a ellos para ser capaces de actuar transformando su medio. En esta visión

<sup>12</sup> Miller, R. y Driver, R. "Beyond Processes". En: *Studies in science education*. 1987, 14, pp. 33-62.

<sup>13</sup> Lawson, A. "Research on the acquisition of science knowledge: epistemological foundations". En: Gabel, D. *Op. cit.* pp. 148-149.

<sup>14</sup> Layton, D. "Science and technology teacher training". En: Layton, D. (Ed.) *Innovations in science and technology education*. 1992. Vol. IV.

del *currículum*, los contenidos que guardan relación con la formación de actitudes, adquieren un sentido muy importante.<sup>15</sup>

Dentro de esta orientación han aparecido las propuestas llamadas CTS, que pretenden vincular a la ciencia con la tecnología y la sociedad. Un ejemplo es el proyecto *The Salters de Química*,<sup>16</sup> en el que se seleccionan los contenidos en función del estudio de los materiales de uso cotidiano y de su aplicación. Los defensores de esta orientación coinciden en que sólo se deben introducir conceptos o ideas cuando los alumnos las necesiten.<sup>17</sup>

Además y paralelamente, se han desarrollado los movimientos relacionados con la educación ambiental y con la educación para la salud que, sin estar totalmente vinculados con la orientación CTS participan, tanto de sus objetivos como de su metodología de enseñanza.<sup>18</sup>

Actualmente existen controversias sobre esta orientación curricular, entre las que podemos señalar las siguientes:

Se critica, en primer lugar, que la ciencia que se enseña en cada caso es muy distinta, lo que genera gran inseguridad en los profesores, ante los saberes que implica el poder abordar cualquier problema de la vida cotidiana con cierta profundidad conceptual y metodológica. Por otro lado, para muchos, la orientación CTS es válida solamente para trabajar con estudiantes poco motivados y que no van a continuar con estudios científicos ya que para los *buenos* estudiantes, la dispersión que conlleva, no les permite construir muchos de los conceptos básicos de la ciencia.<sup>19</sup> Otros consideran que se basa en una visión empiricista de la naturaleza de la ciencia, y que su énfasis en la observación de los fenómenos cotidianos no tiene en cuenta el hecho de que las observaciones están condicionadas por las concepciones previas.<sup>20</sup>

De nuestras investigaciones bibliográficas sobre el tema del currículum, podemos concluir que actualmente hay un consenso mayoritario sobre la importancia de acercar la ciencia a los estudiantes subrayando la importancia, en los programas, de la comprensión de los problemas cotidianos y de la actuación de los estudiantes como investigadores noveles; ello obliga a revisar y modificar los contenidos tradicionales de la enseñanza. Sin embargo, aún se está lejos de llegar a acuerdos sobre un modelo coherente de currículum para la enseñanza de la ciencia que precise y fundamente si ésta debe ser pura o aplicada; si debe centrarse en contenidos o en procesos, si los conceptos deben ser estructurantes o particulares, si la enseñanza debe ser descriptiva o formal y que oriente sobre cómo se pueden equilibrar, en el aula, la comprensión conceptual, la actuación de los alumnos, y la aplicación de los conocimientos científicos a problemas de la vida real.

<sup>15</sup> Gómez, I. *et al.* "La selección...". *Op. cit.* p. 40

<sup>16</sup> The Salters. *Chemistry course*, (13-16). 1987. University of York,

<sup>17</sup> Campdell, B., *et al.* "Science: The salters approach. A case study of the process of large scale curriculum development". En: *Science education*. 1994. 78 (5), pp. 415-447.

<sup>18</sup> Gómez I. *et al.* *Op cit.* p. 40.

<sup>19</sup> Membiella, P. "Ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales. En: *Alambique*. 1995, 3, pp. 7-11.

<sup>20</sup> Fensham, P. *et al.* *The content of science*. 1994, pp. 23-24.

### 3. ALGUNAS DIFERENCIAS ENTRE LA CIENCIA DE LOS CIENTÍFICOS Y LA DE LOS ALUMNOS.

Enseñar ciencias implica, entre otros aspectos, establecer puentes entre el conocimiento científico, que llega generalmente a nosotros a través de los textos, y el conocimiento que queremos que construyan los estudiantes en las clases de ciencias.

Para conseguirlo, es necesario reelaborar el conocimiento de los científicos de manera tal que se pueda ofrecer a los estudiantes en las diferentes etapas de su proceso de aprendizaje. Esta reelaboración, como veremos mas adelante, no consiste solamente en hacer simplificaciones sucesivas de dicho conocimiento y su análisis constituye el campo de estudio de la llamada *transposición didáctica*.<sup>21</sup>

En este apartado reflexionaremos sobre diferentes aspectos relacionados con este proceso de transposición didáctica, misma que se realiza siempre que procuramos que algo que nosotros conocemos, sea aprendido por otros.

Halwachs señaló que, en una situación de enseñanza-aprendizaje, la ciencia de la que el profesorado habla en el aula es diferente de la del científico, y también diferente de la que construye el alumnado.<sup>22</sup> La ciencia del profesor es el resultado de un proceso, no siempre explícito, de reelaboración personal del conocimiento de los expertos, aprendido en la escuela, o en los libros de texto. El estudio de los mecanismos a través de los cuales un *objeto de saber científico* pasa a ser *objeto de saber a enseñar*, es el campo de lo que Chevallard ha llamado *transposición didáctica*.<sup>23</sup>

#### 3.1. VISIÓN DE LOS PROFESORES DEL BACHILLERATO DEL CCH.

La investigación con profesores de asignatura que nos sirvió para ilustrar los dos apartados anteriores, no incluyó elementos en relación con este tema, por lo que no nos será posible documentar este apartado con datos directos tomados de nuestro medio. Aún en la literatura mundial, hemos encontrado que este aspecto está muy poco estudiado en forma sistemática. Sin embargo, podemos aportar algunas ideas derivadas de la observación de la práctica docente personal y la de otros profesores.

<sup>21</sup> Sanmartí, N. "*Proyecto docente...*" *Op cit.* p. 122.

<sup>22</sup> Halwachs, F. "La Física del maestro: entre la física del físico y la física del alumno". En: *Revista francesa de pedagogía*, 1975. No. 33, pp. 19-20.

<sup>23</sup> Chevallard, Y. *La transposición didáctica*. 1985. p. 23.

Implícitamente todos los profesores de ciencias creemos que enseñamos *la ciencia oficial* que nos fue enseñada por nuestros profesores en la facultad, la cual complementamos estudiando en los libros de texto. En consecuencia, suponemos que la transposición didáctica se da espontáneamente y se deriva, fundamentalmente, de la lógica de la propia ciencia. En términos generales, los docentes somos poco conscientes de la transformación que sufre un determinado contenido cuando se los presentamos a los estudiantes.

Sin embargo, dados los malos resultados obtenidos en la enseñanza de las ciencias, podemos suponer que la transposición didáctica no la logramos exitosamente. Claxton señala algunos errores de la transposición didáctica de contenidos en las clases de ciencias a los que considera la causa del poco interés del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias:<sup>24</sup>

- Los profesores fragmentamos el conocimiento y cada lección la presentamos como un suceso aislado y autónomo del cual es difícil percibir la relación con los anteriores.
- No hacemos percibir a los alumnos la utilidad del conocimiento, del trabajo experimental y de los ejercicios que se realizan en clase.
- Frecuentemente forzamos a los estudiantes para que *vean lo que queremos que vean*, o les prescribimos nuestro modo de pensar sobre un conocimiento o resultado experimental.
- En muchas ocasiones les pedimos que generalicen un conocimiento a partir de un ejemplo o de un experimento, lo que contradice la lógica más simple.
- Con frecuencia les pedimos que aprendan definiciones, ideas u operaciones que no pueden vincular con el mundo real, ni comprender por qué queremos que lo aprendan, ni relacionarlo con su estructura teórica anterior.

### 3.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Sanmartí reflexiona sobre las acciones que siguen los profesores cuando planean cómo transmitir una lección a sus estudiantes; la forma en que reelaboran los conocimientos consiste, fundamentalmente, en suprimir todo aquello que es demasiado complejo y abstracto, para quedarse solamente con aquellos conocimientos que forman el núcleo fundamental de la disciplina. Los profesores también seleccionan algunos ejemplos en función

---

<sup>24</sup> Claxton, G. *Educación de mentes curiosas*. 1994, pp. 34-37.

de su simplicidad y de su adecuación a lo que se quiere enseñar y buscan el mejor orden para la enseñanza de cada uno de los conceptos.

A juicio de esta autora, esta forma de entender la transposición didáctica implica transmitir un modelo de ciencia que no corresponde con las ideas actuales sobre la naturaleza de la ciencia, dado que la ciencia es compleja y se enseña como si fuera sencilla; la ciencia ha ido evolucionando pocas veces en forma lineal y sin embargo se enseña como si fuera lineal y acumulativa; la ciencia en los niveles anteriores a la formación profesional, debe ayudar a los alumnos a comprender hechos de la vida cotidiana y se enseña en forma de fenómenos seleccionados y acotados; la ciencia se fundamenta en teorías que han evolucionado, pero se enseña como si fuera un conocimiento acabado.

En este orden de ideas, Bybee y DeBoer destacan, que en el proceso de reelaboración o transposición, los profesores toman en cuenta la ciencia de los expertos, las finalidades del sistema educativo al que pertenecen, la edad de los alumnos y los condicionamientos sociales.<sup>25</sup>

Las formas clásicas de transposición didáctica consisten, según Joshua y Dupin, en escoger un modelo o teoría científica y fragmentarlo en conceptos y procedimientos que se enseñan separadamente a través de las diferentes lecciones del temario. Los profesores suponen, erróneamente, que los alumnos pueden distinguir los conceptos básicos implicados en una teoría o modelo y que, una vez que los aprenden por separado, son capaces de reconstruir el modelo científico global.<sup>26</sup>

Los modelos actuales sobre la naturaleza de la ciencia así como las investigaciones sobre cómo aprenden los alumnos, han hecho revisar los diferentes supuestos en los que se basaba la forma habitual de llevar a cabo la transposición de conocimientos. Los nuevos modelos intentan ser consecuentes con una visión de la ciencia en la que las teorías y las experiencias son el núcleo a partir del cual el conocimiento científico parte y evoluciona. En estos nuevos modelos la discusión y el debate en clase tienen un papel primordial. Un ejemplo de currículo orientado en esta línea es el proyecto *SPACE*,<sup>27</sup> en el que se propone un sistema de trabajo alrededor de un concepto, a partir de las ideas y propuestas del alumnado. Asimismo, diversos currículos *CTS*, proponen el estudio de materiales de uso cotidiano y la introducción de conceptos, a medida que van haciéndose necesarios para la comprensión de los fenómenos que se observan.

Sin embargo, la puesta en juego de estos modelos no elimina el problema de la decisión sobre qué contenidos seleccionar ni en qué orden, ya que es importante cubrirlos en el tiempo fijado para la enseñanza.

Podemos concluir que la transposición didáctica tiene poco que ver con una mera simplificación de la cultura científica. Implica una relectura de la misma, que tenga presente tanto la epistemología de la disciplina como

<sup>25</sup> Bybee, R. y DeBoer, G. "Research of goals for the science curriculum." En: Gabel, D. (edra) *Op. cit.* pp. 357-359.

<sup>26</sup> Joshua, S. y Dupin, J.J. Citados por Sanmartí, N. En: *Proyecto docente... Op. cit.* p.125.

<sup>27</sup> *Science processes and concept exploration. Nuffield primary science materials. Teachers' guide.* 1974.

los valores del enseñante, sus ideas sobre cómo los estudiantes aprenden, los condicionamientos socio-culturales del alumnado, el tiempo y los materiales didácticos disponibles. Requiere, asimismo, tomar decisiones sobre los temas de estudio prioritarios, su grado de complejidad y abstracción, el orden de presentación, las variables con las que se relacionan, etcétera. Es uno de los campos de investigación en *didáctica de las ciencias* apenas empieza y en el que el debate está totalmente abierto.

## CAPÍTULO V.

### CÓMO APRENDEN CIENCIAS LOS ESTUDIANTES.

Ya hemos comentado en el tercer capítulo que el constructivismo es el punto de vista dominante actualmente en la *didáctica de las ciencias*. Por tanto, la respuesta generalizada de la comunidad docente e investigadora en esta área de conocimiento a la pregunta *¿cómo aprenden ciencias los estudiantes?* es: *construyendo sus conocimientos*.

En los últimos 20 años, la toma de conciencia de que los estudiantes tienen ideas *precientíficas* que han construido al margen del contexto escolar, ha hecho replantear en buena medida los puntos de vista de docentes e investigadores sobre cómo enseñar ciencias y ha ofrecido valiosos modelos al respecto.

Por ello, hemos considerado muy importante que antes de proponer un modelo acerca de *cómo enseñar ciencias*, nos detengamos a reflexionar *cómo aprenden ciencias los estudiantes*.

En este capítulo revisaremos algunos modelos importantes sobre el aprendizaje en general y, respecto al aprendizaje de las ciencias, profundizaremos especialmente en las características del modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las concepciones alternativas que construyen los alumnos, dado que este es el modelo predominante en el campo de la didáctica de las ciencias. Asimismo revisaremos algunos factores que influyen en el aprendizaje de las ciencias.

Cabe señalar que, aunque hubiera sido interesante conocerla, en este apartado, no nos fue posible incluir la visión de los profesores del bachillerato, dado que los temas a tratar representan ideas novedosas sobre el aprendizaje de las ciencias, presumiblemente poco manejados por la mayoría de los profesores del bachillerato del Colegio. Por tanto, respecto a los modelos de aprendizaje, abordaremos únicamente las ideas de la comunidad docente e investigadora en didáctica de las ciencias.

#### 1. MODELOS EXPLICATIVOS SOBRE CÓMO APRENDEN LOS ESTUDIANTES.

Es preciso empezar por decir que en el campo psicopedagógico no existe hoy día un modelo único explicativo sobre cómo se aprende, ya que ni siquiera entre las diferentes corrientes hay consenso al respecto. El

aprendizaje humano es algo extraordinariamente complejo, en el que se interrelacionan un gran número de factores que, a su vez, son fuente de una gran riqueza en el ámbito del aprendizaje.

En este apartado, más que presentar las grandes teorías psicopedagógicas, proponemos la reflexión en torno a una pregunta que se plantean frecuentemente los profesores: *¿Cómo puedo saber que mis alumnos ya han aprendido algo?*

Si actualmente aprender ya no se construye a repetir lo que dice el profesor o el libro de texto, ¿cómo podemos los profesores valorar los resultados de nuestra acción? La respuesta a la pregunta planteada dependerá, tal como veremos en los apartados siguientes, de la teoría del aprendizaje que se tome como referencia.

Así, desde el punto de vista *conductista*, se dice que se ha aprendido algo cuando se observa que una persona realiza adecuadamente unas operaciones o conductas esperadas. De ello, se deduce que aprender es la consecuencia de la ejecución de ciertas conductas que el individuo realiza porque está motivado, positiva o negativamente. Todo indica que lo que sucede en la mente del individuo no es importante para esta teoría del aprendizaje.<sup>1</sup>

En cambio, desde el punto de vista *piagetiano*, el aprendizaje se relaciona con la construcción de diferentes *operaciones* que se van integrando en la estructura cognitiva del individuo, de acuerdo con diferentes etapas evolutivas. Por lo tanto, se sabe que se ha aprendido o asimilado algo, si se es capaz de poner en práctica las operaciones, que se conciben como acciones interiorizadas, en diferentes situaciones o contextos.

Piaget explica el aprendizaje como un proceso de *desequilibrio-equilibrio* a partir del que se van construyendo diferentes operaciones que permiten la asimilación de los objetos a los esquemas mentales. Por tanto, desde su punto de vista, se construye mentalmente y se expresa activamente.<sup>2</sup>

Desde la *Teoría de la Actividad*, muy relacionada con los planteamientos de Vygotsky, el aprendizaje se produce cuando el individuo ha construido su *base de orientación consciente*, es decir, cuando delante de una tarea, le es posible representar sus objetivos, anticipar y planificar un plan de actuación para resolverla, y tener criterios para decidir, si se está realizando bien o no.<sup>3</sup>

Para Vygotsky y sus discípulos, a diferencia de los puntos de vista piagetianos, *se construye socialmente y se expresa mentalmente*. El aprendizaje se produce como una zona de transferencia de responsabilidad en la que puede considerarse que una cosa está aprendida cuando, a partir del intercambio social, se interioriza, y el alumno es capaz de resolver problemas relacionados con ella, de forma autónoma.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ribes Iñesta, E. *El Conductismo, reflexiones críticas*. 1982. pp. 61-63.

<sup>2</sup> Piaget, J. *Psicología y epistemología*. 1972. pp. 50-62.

<sup>3</sup> Leontiev, A. "El problema de la actividad en la psicología". En: L. Vygotsky, A. Leontiev y A. Luria *Actividad, conciencia y personalidad en el proceso de formación de la psicología marxista*. 1987. pp. 17-19.

<sup>4</sup> Genovard, C y Gotzens, C "Las Teorías Instruccionales clásicas de interacción social de L.S. Vygotsky" En: *Psicología de la instrucción*. 1990. pp. 48-49

Para Ausubel y Novack, se aprende cuando se almacena la nueva información de forma significativa, es decir, cuando se relaciona con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva de un individuo. Al mismo tiempo, el nuevo conocimiento tiene que ser relevante para el que aprende.<sup>5</sup>

Desde las teorías psicológicas cognoscitivistas de Johnson-Laird relacionadas con las teorías de los llamados modelos mentales, se considera que se ha aprendido cuando se ha modificado el modelo mental inicial, de forma tal, que en el modelo evolucionado, se hagan explícitos y se articulan los conceptos y las convenciones implícitas en el modelo inicial. Para explicar este modelo se utiliza como criterio la comparación entre el trabajo de un novato y el de un experto. El experto es precisamente, mucho más capaz que el novato para explicitar las convenciones y conceptos implícitos, que utiliza en sus razonamientos.<sup>6</sup>

## **2. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE LOS ESTUDIANTES EN DOMINIOS CONCRETOS DE LA CIENCIA. EXPLICACIONES DE SU ORIGEN Y PERSISTENCIA.**

### **Las concepciones alternativas.**

Es preciso señalar que actualmente en la didáctica de las ciencias, los estudios sobre las concepciones alternativas del alumnado son el punto de partida de buena parte de las investigaciones que se llevan a cabo y son también un referente imprescindible para el diseño curricular.

La idea de las concepciones alternativas parte del presupuesto de que cualquier individuo desarrolla y utiliza modelos explicativos sobre la realidad que le rodea, los cuales extrae de sus experiencias, de sus interacciones sociales y de sus propias capacidades de razonamiento. Cuando estas ideas expresadas por los jóvenes difieren de las aceptadas por la ciencia, suelen llamarse *concepciones alternativas*. Este es el término que se ha venido aceptando en los últimos años con mayor consenso, después de muchas otras iniciativas, que propusieron términos como: *preconcepciones, ideas previas, ideas erróneas, ideas espontáneas, preteorías, ideas de sentido común, ideas ingenuas, esquemas conceptuales*, etcétera.<sup>7</sup>

Conviene señalar que aunque el interés por el estudio de las ideas previas de los alumnos es reciente, existen diversos autores que, con notable antelación, llamaron la atención sobre este asunto. Por ejemplo, Vygotsky habló de la *prehistoria del aprendizaje*; Bachelard sugirió, que a menudo se conoce contra un conocimiento anterior.<sup>8</sup> Piaget planteó la necesidad de rastrear el origen psicológico de las nociones hasta sus estadios

<sup>5</sup> *Ibidem* p. 47

<sup>6</sup> Gutiérrez, R. *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad*. Tesis Doctoral. Facultad de Psicología. Universidad Complutense, Madrid, 1994. pp. 32-34

<sup>7</sup> Wandersee, J. et al. "Research on alternative conceptions in science" En: Gabel, D. (editora) *Handbook...* 1994. *Op. cit.* pp. 178-180.

<sup>8</sup> Bachelard, G. *La formación del espíritu científico*. 1995. Novena edición. pp. 66-67.

Para Ausubel y Novack, se aprende cuando se almacena la nueva información de forma significativa, es decir, cuando se relaciona con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva de un individuo. Al mismo tiempo, el nuevo conocimiento tiene que ser relevante para el que aprende.<sup>5</sup>

Desde las teorías psicológicas cognoscitivistas de Johnson-Laird relacionadas con las teorías de los llamados modelos mentales, se considera que se ha aprendido cuando se ha modificado el modelo mental inicial, de forma tal, que en el modelo evolucionado, se hagan explícitos y se articulan los conceptos y las convenciones implícitas en el modelo inicial. Para explicar este modelo se utiliza como criterio la comparación entre el trabajo de un novato y el de un experto. El experto es precisamente, mucho más capaz que el novato para explicitar las convenciones y conceptos implícitos, que utiliza en sus razonamientos.<sup>6</sup>

## **2. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE LOS ESTUDIANTES EN DOMINIOS CONCRETOS DE LA CIENCIA. EXPLICACIONES DE SU ORIGEN Y PERSISTENCIA.**

### **Las concepciones alternativas.**

Es preciso señalar que actualmente en la *didáctica de las ciencias*, los estudios sobre las *concepciones alternativas del alumnado* son el punto de partida de buena parte de las investigaciones que se llevan a cabo y son también un referente imprescindible para el diseño curricular.

La idea de las concepciones alternativas parte del presupuesto de que cualquier individuo desarrolla y utiliza modelos explicativos sobre la realidad que le rodea, los cuales extrae de sus experiencias, de sus interacciones sociales y de sus propias capacidades de razonamiento. Cuando estas ideas expresadas por los jóvenes difieren de las aceptadas por la ciencia, suelen llamarse *concepciones alternativas*. Este es el término que se ha venido aceptando en los últimos años con mayor consenso, después de muchas otras iniciativas, que propusieron términos como: *preconcepciones*, *ideas previas*, *ideas erróneas*, *ideas espontáneas*, *preteorías*, *ideas de sentido común*, *ideas ingenuas*, *esquemas conceptuales*, etcétera.<sup>7</sup>

Conviene señalar que aunque el interés por el estudio de las ideas previas de los alumnos es reciente, existen diversos autores que, con notable antelación, llamaron la atención sobre este asunto. Por ejemplo, Vygotsky habló de la *prehistoria del aprendizaje*; Bachelard sugirió, que a menudo se *conoce contra un conocimiento anterior*.<sup>8</sup> Piaget planteó la necesidad de *rastrear el origen psicológico de las nociones hasta sus estadios*

<sup>5</sup> *Ibidem* p. 47

<sup>6</sup> Gutiérrez, R. *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad*. Tesis Doctoral. Facultad de Psicología. Universidad Complutense, Madrid, 1994. pp. 32-34

<sup>7</sup> Wandersee, J. et al. "Research on alternative conceptions in science" En: Gabel, D. (editora) *Handbook...* 1994. *Op. cit.* pp. 178-180.

<sup>8</sup> Bachelard, G. *La formación del espíritu científico*. 1995. Novena edición. pp. 66-67.

precientíficos.<sup>9</sup> Ausubel, por su parte, llegó a afirmar: "...si yo tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: averigüese lo que el alumno ya sabe y enséñese consecuentemente".<sup>10</sup>

Las concepciones alternativas se han entendido como *representaciones implícitas*, como un tipo de conocimiento cotidiano, de sentido común, con características y reglas de funcionamiento distintas de las que definen el conocimiento científico, ya que son flexibles. Diversos autores las han visto como *construcciones que hace el estudiante sobre la marcha, que le permiten operar rápidamente ante las demandas de una tarea o ante las exigencias de actuación de un tipo de escenario*.<sup>11</sup>

### Los errores conceptuales.

A pesar de los años que lleva la investigación sobre las ideas espontáneas, cabe aclarar que este término se ha prestado a diferentes interpretaciones entre los docentes y los investigadores. Frecuentemente se tiende a volver a la idea inicial que tenía este término, el cual se interpretaba en el sentido de *misconceptions* o errores conceptuales. Se identifica con cosas simplemente mal aprendidas por los alumnos, ya sea porque le fueron mal explicadas, porque el estudiante no comprendió bien su significado o porque confunde términos.<sup>12</sup> El efecto negativo de estos puntos de vista ha sido que algunos profesores, cuando se plantean el objetivo de detectar las ideas previas de sus alumnos, elaboran cuestionarios acerca de lo que *suponen que los alumnos deberían conocer previamente sobre su asignatura, es decir*, elaboran un cuestionario diagnóstico, en vez de abocarse a detectar las concepciones alternativas de sus estudiantes.

De hecho, cada día se acepta más que las ideas previas de los alumnos son *concepciones alternativas* y no necesariamente concepciones erróneas, pues no siempre las ideas que proponen son erróneas, sino frecuentemente sólo son *ideas incompletas*, o bien tienen cierta lógica, pero no coinciden completamente con el punto de vista de *la ciencia oficial*. Sin embargo, además de las *concepciones alternativas* también existen las ideas erróneas y en ese sentido se ha constatado ampliamente, a través de la investigación en el campo de la didáctica de las ciencias, que elevados porcentajes de alumnos -incluso de nivel universitario- muestran graves errores en algunos conceptos fundamentales, no obstante que les hayan sido enseñados reiteradamente en ciclos escolares antecedentes.

Ya hemos dicho que el modelo de enseñanza por *transmisión-recepción* tenía, como objetivo, transmitir al alumno conocimientos elaborados, ya fuera a través del profesor o de los libros de texto. En este modelo el

<sup>9</sup> Piaget, J. *Psicología y epistemología*. Op. cit. p. 94.

<sup>10</sup> Ausubel, D. P. *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. 1978.

p. 44

<sup>11</sup> Pozo, J. I. "Psicología y didáctica de las ciencias de la naturaleza ¿concepciones alternativas?" en: *Infancia y aprendizaje*. 1993. Nos. 62-63.

pp. 187-189

<sup>12</sup> Gil, D. *Enseñanza de las ciencias*. Op. cit. pp. 40.

papel del estudiante era reproducirlos, lo cual se lograba con cierto éxito. En este sentido, es posible comprender la gran sorpresa que supuso hace dos décadas, la puesta en evidencia de una grave y general incomprensión, por parte de los alumnos, de incluso los conceptos más fundamentales, a pesar de que éstos les habían sido reiteradamente enseñados. La publicación de algunos estudios rigurosos, como la tesis de Laurence Viennot en 1976, atrajeron la atención sobre este problema, dado que cuestionaba la efectividad misma de la enseñanza. Los alumnos, no sólo terminaban sus estudios sin saber resolver problemas y sin una imagen correcta del trabajo científico, sino que la inmensa mayoría de ellos, *ni siquiera había logrado comprender el significado de los conceptos científicos más básicos*, a pesar de su enseñanza reiterada. Particularmente relevante era el hecho de que dichos errores no constituían simples olvidos o equivocaciones momentáneas, sino que se presentaban como ideas muy arraigadas y persistentes. Este problema afectaba no sólo a alumnos de distintos países y niveles, sino también a un porcentaje significativo de profesores.<sup>13</sup>

Así, desde mediados de los años setentas, la detección de errores conceptuales, ha dado lugar a una abundante literatura en casi todos los campos de las ciencias.<sup>14</sup> Una vez puesta en evidencia la extensión y gravedad de estos errores, la investigación se ha centrado, tanto en la comprensión de sus causas, como en el diseño de estrategias de enseñanza para remediarlos.

A continuación analizaremos con más profundidad las causas de los errores conceptuales, mismas que se relacionan tanto con la existencia de formas espontáneas de pensamiento, como con planteamientos docentes incorrectos.

## Cómo se explican los errores conceptuales.

### **a) Los errores conceptuales se deben a formas espontáneas de pensamiento de los estudiantes.**

Conviene detenerse a profundizar en el origen de las preconcepciones para fundamentar, más adelante, un posible tratamiento de las mismas que facilite la comprensión de los conocimientos científicos por los alumnos. Como hemos afirmado en párrafos anteriores, los errores conceptuales son, más que errores, ideas espontáneas o preconcepciones, que los alumnos ya poseían antes de su aprendizaje escolar. La mayoría de los estudios realizados en este campo coinciden en caracterizarlos de la siguiente manera:

<sup>13</sup> *Ibidem.* p. 45

<sup>14</sup> Pueden verse amplias selecciones bibliográficas en:

Osborne, R. y Wittrock, M. "Learning science: A generative process" En: *Science education* No. 67, pp. 490-508. Carrascosa, J. "Errores conceptuales en la enseñanza de la física y de la química. Una selección bibliográfica" En: *Enseñanza de las ciencias*. 1985, 3 (3) pp. 230-234. Hierrezuelo, J. et al. *La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la física y de la química*. 1988. Madrid, LAIA, MEC. Colección: Cuadernos de pedagogía. Apud. Osborne, R. y Freyberg, P. *El aprendizaje de las ciencias. Influencia de las ideas previas de los alumnos*. 1995. Apud.

- Parecen dotados de cierta coherencia interna.
- Son comunes a estudiantes de diferentes medios y edades.
- Presentan cierta semejanza con concepciones que estuvieron vigentes a lo largo de la historia del pensamiento de la humanidad.
- Son persistentes, es decir, no se modifican fácilmente mediante la enseñanza habitual, incluso reiterada.<sup>15</sup>

También la mayoría de los autores coinciden en considerar esas preconcepciones como el fruto de las experiencias cotidianas de los alumnos, tanto físicas, como sociales. Las experiencias físicas están constantemente reforzando las ideas ingenuas de los alumnos, por ejemplo, la idea de que los cuerpos más pesados caen más aprisa, o de que hace falta aplicar una fuerza para que un cuerpo se mueva, etcétera. Las experiencias sociales a través del lenguaje, facilitan que se fijen muchos conocimientos precientíficos, como que el calor y frío sean concebidos como sustancias, o que la palabra *animal* tenga una connotación de insulto. El carácter reiterado de estas experiencias explica la persistencia y generalidad de las preconcepciones.<sup>16</sup>

Según algunos autores, *el método de observación de los alumnos se asemeja al usado por los antiguos, porque ambos consisten en sacar conclusiones a partir de observaciones cualitativas no controladas y en extrapolar las evidencias, aceptándolas acríticamente. El pensamiento científico de los antiguos es, sin duda, más elaborado y coherente que los esquemas conceptuales de los alumnos, pero ambos se basan en evidencias de sentido común.*<sup>17</sup>

***b) Los errores conceptuales se deben a una enseñanza inadecuada que no ha hecho posible una recepción significativa del conocimiento.***

No es la existencia de preconcepciones en sí lo que explicaría los mediocres resultados obtenidos en el aprendizaje de conceptos, sino la falta de comprensión del profesorado de este importantísimo aspecto. Esto es algo que Bachelard había señalado ya con toda claridad cincuenta años atrás: *Me ha sorprendido siempre que los profesores de ciencias, no comprendan que no se comprenda.*<sup>18</sup>

En nuestra opinión esta frase conlleva un señalamiento a los profesores, en el sentido de que no hemos reflexionado sobre el hecho de que el alumno llega a clase de ciencias con conocimientos empíricos ya constituidos y la enseñanza debe ayudarle a derribar los conceptos erróneos que obstaculizan su aprendizaje.

<sup>15</sup> McDermont, L.C. "Research on conceptual understanding." En *Physics today*. 1984. 24-34

<sup>16</sup> Llorens, J.A. *et al.* "La función del lenguaje en un enfoque constructivista de la enseñanza de las ciencias." En: *Enseñanza de las ciencias*, 1989, 7 (2), pp. 111-113.

<sup>17</sup> Gil, D. *Enseñanza de las ciencias y de la ... Op. cit.* p. 43.

<sup>18</sup> Bachelard, G. *La formación... Op. cit.* p. 20.

Dada su importancia para el aprendizaje de la ciencia, conviene también detenerse a analizar que una enseñanza inadecuada puede ser fuente de errores en los conceptos científicos. Lo que hemos visto hasta aquí sobre las preconcepciones nos permite hacer algunas críticas a la enseñanza habitual: *su ignorancia de aquello que los alumnos ya conocen, la creencia de que basta transmitir los conocimientos científicos de forma clara y ordenada para que los alumnos los comprendan; la ausencia de atención a lo que los alumnos puedan pensar y el desconocimiento de los obstáculos que las preconcepciones interponen al aprendizaje.* Estas críticas pueden extenderse tanto a las clases de ciencias, como a muchos libros de texto. Es un hecho que ni en unos ni en otros se incluyen casi nunca actividades que permitan poner de manifiesto las posibles concepciones alternativas de los alumnos acerca de los temas estudiados, que en términos generales, tienden a ser muy similares. Tampoco se incluyen actividades o referencias que lleven a analizar críticamente las ideas pre-científicas que provienen de la experiencia cotidiana sobre los fenómenos estudiados. No se incluyen observaciones que llamen la atención sobre las ideas que históricamente ofrecieron una barrera a la construcción de los conocimientos, y que podrían constituir también una barrera para el aprendizaje de los alumnos. Por último, tampoco se incluyen actividades para ver en qué medida se ha conseguido la comprensión real de los conceptos introducidos, ni para conocer si las concepciones pre-científicas han sido superadas.<sup>19</sup>

Los libros de texto, además de que frecuentemente incluyen conceptos incorrectos, transmiten una visión errónea del trabajo científico, al introducir los conceptos, sin referencia alguna a los problemas que condujeron a su construcción. Tampoco se detienen a analizar los conflictos que surgieron al tratar de abrir paso a nuevas ideas, muchas veces contrarias a las conclusiones sacadas de la experiencia.<sup>20</sup>

A nuestro modo de ver, ambas hipótesis sobre el fracaso en el aprendizaje de las ciencias constituyen tan sólo explicaciones tentativas que exigen para ser contrastadas, la elaboración de estrategias de enseñanza basadas en la atención a las concepciones alternativas de los alumnos que al ser aplicadas arrojen resultados del aprendizaje más positivos. Sólo así podrán aceptarse como válidas.

---

<sup>19</sup> Gil, D. *Enseñanza de las ciencias y de la...* Op. cit. p. 45

<sup>20</sup> Carrascosa, J. *Tratamiento didáctico en la enseñanza de las ciencias de los errores conceptuales.* Tesis Doctoral. 1987. Facultad de Educación. Universidad de Valencia. pp. 20-32.

### 3. OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN EL APRENDIZAJE CIENTÍFICO.

Si aceptamos que aprender es el resultado de un conjunto de factores que interaccionan entre sí, consideramos importante reflexionar sobre algunos de los factores que influyen en el aprendizaje de las ciencias, con el fin de tenerlos en cuenta en el diseño de las actividades de enseñanza.

#### **La experiencia práctica y las vivencias personales.**

En muchas escuelas se da el máximo valor, en relación con el aprendizaje, a la experiencia y a la actividad. Se tiene la idea de que el alumno aprende manipulando objetos y observando lo que sucede. Este punto de vista responde a la creencia implícita de que se aprende cuando nuestros sentidos captan los aspectos fundamentales del objeto o del fenómeno a estudiar y está muy relacionado con la visión inductiva y empírica, tanto de la ciencia como del aprendizaje. Dicha visión ha recibido muchas críticas. Así por ejemplo, ante el antiguo proverbio: *Escucho y olvido, veo y recuerdo, hago y comprendo*, que ha sido recogido en muchos textos de educación para animar la enseñanza activa, Driver y Tiberghien responden diciendo *que lo único que los alumnos comprenden es lo que ya sabían, dado que a través de las actividades experimentales acostumbra a validar sus propias teorías o puntos de vista, más que descubrir otras.*<sup>21</sup>

A pesar de las consideraciones anteriores nadie pone en duda el papel de la experimentación en el aprendizaje científico, ni la relevancia de la actividad manipulativa o de las vivencias personales en el proceso de apropiación del conocimiento científico. Las teorías sólo tienen sentido cuando explican hechos y éstos deben conocerse directamente siempre que sea posible. Además, las experiencias personales constituyen un motor para la construcción de las ideas, aunque éstas puedan ser alternativas.

Por su parte, la experiencia cotidiana es una de las más importantes fuentes de información que procesa el sistema cognitivo. Muchas de las concepciones alternativas se explican en función del establecimiento de analogías, no siempre adecuadas, con las vivencias cotidianas.

La importancia de la actividad manipulativa en el aprendizaje se subraya en el marco de diferentes corrientes teóricas. Desde la Teoría de la actividad, Galperin remarca que *en todo proceso de aprendizaje, es fundamental la fase de la acción en su forma materializada. Es en el desarrollo de la actividad en donde el estudiante percibe las partes en las que puede dividir un fenómeno, las variables que pueden ser su causa, las relaciones entre esas variables, etcétera. A partir de esta percepción puede verbalizar sus puntos de vista y comunicarlos a los demás.*<sup>22</sup> Piaget también relaciona el desarrollo del pensamiento con la experiencia, en cuanto que ésta proporciona los datos con que operan los esquemas de la actividad intelectual.

<sup>21</sup> Driver, R. y Tiberghien, A. *Ideas científicas de la infancia y de la adolescencia*. 1989. p.27

<sup>22</sup> Galperin, F. *Introducción a la psicología*. 1982. pp. 25-28

Por otro lado, como cada persona tiende a mirar los fenómenos desde un determinado punto de vista y a destacar unos aspectos frente a otros, para avanzar en el conocimiento es necesario contrastar diferentes maneras de ver y diferentes razonamientos. De ahí que no cabe duda de que en el aprendizaje científico la comunicación juega un papel muy importante. Por ello, el lenguaje se considera el instrumento mediador del aprendizaje, puesto que a través de él, se expresan los propios argumentos y se conocen los de los demás. La discusión es una de las formas que se utiliza en la ciencia, para comprobar la consistencia de los propios razonamientos y posibilitar su evolución.<sup>23</sup> No en vano Vygotsky afirma que *el pensamiento no se expresa tan sólo en palabras, existe a través de ellas.*<sup>24</sup>

Para psicólogos como Doise<sup>25</sup> las interacciones más efectivas son aquellas en las que se produce un conflicto cognitivo, ya que a través de él, los alumnos revisan y reorganizan su forma de pensar. Duschl afirma que *si en una clase no existieran diversidad de puntos de vista, de modo que se ocasionen conflictos cognoscitivos, deberían provocarse, dado que éste es un requisito para que se produzca el aprendizaje.*<sup>26</sup>

Podemos concluir que todas estas maneras de ver el trabajo en el aula contrastan fuertemente con las formas de trabajo tradicionales, basadas en el hecho de transmitir un solo modelo, el cual se pide a los estudiantes que repitan y apliquen.

### **El sistema cognitivo humano en el aprendizaje científico.**

El funcionamiento del sistema cognitivo humano también es fundamental en el aprendizaje de las ciencias. A través de aquél, percibimos los objetos y los fenómenos, los memorizamos, categorizamos, estructuramos relaciones entre ellos, los descomponemos, superponemos sus estructuras, establecemos relaciones causales, reconocemos si hay coherencia entre la idea y la experiencia, etcétera. Todas estas estrategias cognitivas se pueden considerar como etapas lógicas del proceso complejo que conlleva la construcción del conocimiento científico. El funcionamiento de este complejo sistema cognitivo humano condiciona la elaboración de diferentes modelos mentales que dan significado a la realidad y, por lo mismo, debe tenerse en cuenta en el diseño y en la puesta en práctica de las estrategias didácticas dirigidas al aprendizaje de las ciencias.

Guidoni, siguiendo a Chomsky, plantea la existencia de estrategias cognitivas que condicionan las *maneras de mirar, las maneras de relacionar, las maneras de organizar las entradas que provienen del mundo de la cultura y del mundo de la experiencia.* Para poner orden en este caos de informaciones y de vivencias, el ser humano pone en funcionamiento unas *estrategias cognitivas* que son tan automáticas que a menudo no se tienen en cuenta, pero son fundamentales en el comportamiento cognitivo humano y están relacionadas con la capacidad

<sup>23</sup> Howe, A. "Development of science concepts within a vigotskian framework" En: *Science education*. 1996, 80 (1) pp. 45-47

<sup>24</sup> Vygotsky, L. *Pensamiento y lenguaje*. 1935. (Primera Reimpresión 1977). p. 159-161.

<sup>25</sup> Lacasa, P. "Una entrevista a William Doise". En: *Infancia y aprendizaje*. 1993, 61, pp. 5-28.

<sup>26</sup> Duschl, R. "Beyond cognition..." *Op. cit.* p. 15

de percibir discrepancias, de identificar prototipos, de pensar por analogías, de actuar por ensayo y error, de sacar conclusiones por deducción o por inferencia, hasta llegar a construir estructuras intercontextuales cada vez más amplias. El autor define estas estructuras operantes del sistema cognitivo humano como *categorización, formalización, elaboración, interpretación, ajuste, y adaptación*.<sup>27</sup>

Se ha destacado la importancia del papel de las analogías en la construcción del conocimiento, El razonamiento analógico ha jugado un papel muy importante en la creación de las hipótesis científicas. Pensemos, por ejemplo, en los diferentes modelos del átomo propuestos a través de la historia como el *modelo de esfera sólida (Dalton)*, el *modelo de pasas sobre el pastel (Thompson)*, el *modelo sistema solar (Bohr)*, etcétera. Una analogía conduce a hacer *lo no familiar, familiar*, por lo que pensar por analogías es una buena estrategia en el aprendizaje de las ciencias.<sup>28</sup>

Otra de las estrategias cognitivas muy utilizadas para la construcción del conocimiento de la naturaleza, es la utilización de formas de razonamiento causales como sistema para hacer inferencias, pues según Gutiérrez, *todo sujeto construirá un modelo mental del sistema físico que observa, e inventará una causa que explique el cambio observado*.<sup>29</sup>

Actualmente también se están estudiando algunas estrategias que definen estilos cognitivos diferenciados entre las personas, que junto con argumentaciones de carácter socio-cultural, explican por qué no todos los individuos actúan y piensan igual. Por ejemplo, aunque aún se sabe poco sobre los estilos de procesamiento de información, parece ser que esta diversidad tiene bases biológicas, dado que al hemisferio izquierdo del cerebro se le ha asociado con el procesamiento de tipo lingüístico, analítico, lógico y *objetivo*, mientras que al hemisferio derecho, se le ha relacionado con el procesamiento de tipo video-espacial, intuitivo, analógico y *subjetivo*. Asimismo, parece ser que no todos los individuos tienen igualmente desarrolladas las dos partes del cerebro, lo cual explica las diferencias individuales, tanto en la forma de procesar la información, como en la manera de aprender.<sup>30</sup>

Pozo afirma, en este renglón, que en el aprendizaje de las ciencias algunos alumnos presentan un estilo de pensamiento más *global* que les facilita la realización de tareas heurísticas, frente a otros, que tienen un pensamiento más *analítico*, el que les proporciona un mejor rendimiento en algunas tareas científicas. Otros estudiantes, tienen un estilo de razonamiento de tipo *impulsivo*, que los lleva a pensar sobre la realidad concreta, mientras que otros, presentan formas de razonamiento *reflexivo*, que los conduce a pensar sobre todo aquello que podría ser factible.<sup>31</sup>

<sup>27</sup> Guidoni, P. "Pre escolar y la formación cultural de base" En: *Papers*. 1990. pp. 26-34.

<sup>28</sup> Clement, J. "Métodos observados en la generación de analogías" En: *Cognitive science*, 1988, 12, 563-565.

<sup>29</sup> Gutiérrez, R. *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad*. Tesis Doctoral. 1994. Universidad Complutense, Madrid. pp. 26-30

<sup>30</sup> Carlson, N. *Fisiología de la conducta*. 1987. p. 72

<sup>31</sup> Pozo, J. I. "Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas" En: *Infancia y Aprendizaje*. 1992, 57, pp. 3-22.

Martín Díaz y Kempa, complementan esta perspectiva sosteniendo que las actividades que se desarrollan en el aula, no favorecen por igual a todos los estudiantes y que un mayor conocimiento por parte del profesor sobre las diversidades entre sus alumnos, sería muy importante, ya que lo comprometería a diseñar estrategias didácticas diferenciadas o, como mínimo, a combinarlas en el aula, tanto para favorecer a todos los estudiantes, como para lograr un equilibrio en el uso de las capacidades disponibles en el grupo.<sup>32</sup>

La investigación actual ha demostrado que en el aprendizaje de las ciencias, tienen mucha importancia la afectividad y las emociones de los alumnos, por lo que los profesores no sólo deben tener en cuenta los conceptos y los procedimientos científicos, sino también es importante que estén atentos a los sentimientos de sus alumnos, a su autoimagen, a su autoestima, a sus valores personales, a sus motivaciones y a sus intereses.

Las siguientes variables de tipo afectivo, son especialmente significativas para explicar el fracaso de muchos estudiantes en el área de ciencias y para entender por qué no todos aprenden igualmente:

#### **Qué piensan los estudiantes sobre los diferentes estilos de enseñar y de aprender ciencias.**

Es un hecho que los estudiantes tienen preferencias entre los distintos estilos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, las cuales reflejan un complejo sistema de valores y creencias. Por ejemplo, muchos jóvenes no reconocen la importancia de la reflexión sobre las propias maneras de pensar y de realizar las tareas, y prefieren en cambio, que sea el profesor quien les indique lo que han de memorizar, lo que deben practicar, y quien juzgue los resultados de su trabajo. Por el contrario, a otros estudiantes les gusta tener oportunidades de expresar sus propias opiniones, y de trabajar en forma participativa y autónoma.

#### **Qué actitudes tienen hacia el aprendizaje de las ciencias.**

Esta es una de las variables más estudiadas, pues se ha comprobado que muchos alumnos fracasan debido a las imágenes negativas que tienen sobre el aprendizaje de la ciencia. Simpson demostró que el sistema de creencias que un alumno tiene en relación con el aprendizaje científico influye a tal grado que, si no es positivo, lo hace imposible. Asimismo, considera que una imagen positiva es uno de los indicadores esenciales para valorar la calidad de la educación científica.<sup>33</sup> En el aprendizaje de las ciencias influyen positivamente las actitudes científicas de algunos estudiantes, como pueden ser el deseo de conocer y de comprender, de plantearse preguntas, de buscar datos e interpretarlos, de querer verificar las interpretaciones, etcétera.

<sup>32</sup> Martín Díaz, M. J. y Kempa, R.F. " Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de la enseñanza de las ciencias en función de sus características motivacionales." En: *Enseñanza de las ciencias*. 1991 (1), pp. 60-63.

<sup>33</sup> Simpson, P. et al "Research on the affective dimension of science learning" En: Gebel, D. (edra.) *Handbook...* 1994. *Op. cit.* p. 221-236.

**Qué tanto están convencidos de que el aprendizaje de las ciencias tiene utilidad.**

Entre el alumnado en general, el contenido de las clases de ciencias es percibido como algo que tiene poco que ver con la realidad cotidiana y que sólo sirve a aquéllos que van a continuar estudiando en esa línea. El no percibir la utilidad de las clases de ciencias da lugar a una falta de motivación e interés hacia el trabajo, especialmente si ello se asocia a dificultades en la comprensión de los contenidos enseñados.

**Qué grado de confianza tienen en su propia capacidad para aprender ciencias.**

Los fracasos continuos de muchos estudiantes en las asignaturas del área les hacen creer que no son capaces de aprender ciencias. Cuando esto llega a suceder, se dan por vencidos y ya no se esfuerzan en analizar la información que reciben ni en realizar las tareas propuestas. En estos casos la probabilidad de un aprendizaje significativo es muy baja.

Teniendo en cuenta, tanto los modelos descritos en este capítulo para el aprendizaje de las ciencias, como los factores que confluyen en esta tarea, en el siguiente apartado analizaremos los modelos metodológicos existentes en el campo de la didáctica de las ciencias y haremos propuestas sobre las estrategias más convenientes para enseñar ciencias.

## **CAPITULO VI.**

### **CÓMO ENSEÑAR CIENCIAS EN EL BACHILLERATO.**

En el marco de la visión constructivista de la *didáctica de las ciencias* y en el contexto del bachillerato, en este capítulo propondremos cómo enseñar ciencias. Abordaremos en primer lugar, la organización de las actividades didácticas para la enseñanza de las ciencias. En segundo término, nos referiremos a las actividades más usuales para la enseñanza. Haremos a continuación una exposición amplia del problema de la evaluación de las materias científicas, presentando nuestras propuestas sobre la base de las que existen en el ámbito de la *didáctica de las ciencias*. Terminaremos el capítulo proponiendo algunas condiciones para lograr en el aula el aprendizaje cooperativo.

Como hemos venido haciendo en los capítulos anteriores, el contenido de cada uno de estos temas lo desarrollaremos presentando, en primer lugar, las concepciones y opiniones más significativas de los profesores del área de ciencias experimentales del bachillerato CCH, y en segundo, expondremos las principales ideas de la comunidad docente e investigadora en *didáctica de las ciencias*, de las cuales derivaremos nuestras propias propuestas.

#### **1. LA NATURALEZA Y LA ORGANIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.**

En el ámbito de la educación científica existen diversas opiniones sobre cuál es la mejor forma de diseñar un currículo. En las últimas dos décadas, a raíz de la influencia de la tecnología educativa, ha sido una práctica tradicional partir de los objetivos y de la selección de contenidos; sin embargo, desde el punto de vista constructivista de la *didáctica de las ciencias*, diseñar un modelo pedagógico para enseñar ciencias, implica básicamente seleccionar las actividades de enseñanza-aprendizaje que se consideran más adecuadas para alcanzar los objetivos y contenidos que un profesor se propone. Es decir, la nueva visión del currículum no renuncia a sus aspectos básicos -finalidades, objetivos generales, contenidos, etcétera- sino que enfatiza una

visión más activa del mismo, centrando el interés en el programa de actividades que se llevarán a cabo en el aula, como medio para alcanzar los objetivos y contenidos prescritos.

### **1.1 VISIÓN DE LOS PROFESORES DE CIENCIAS DEL BACHILLERATO DEL CCH.**

En la investigación a la que nos hemos venido refiriendo en los capítulos anteriores, <sup>1</sup> pudimos constatar que para la mayor parte de los profesores el concepto de *actividad didáctica*, se identifica más con trabajos de tipo práctico, que implican manipulación y movimiento, que con aquéllos en los que los alumnos asumen un papel menos activo, como serían las sesiones de preguntas, o la lectura de documentos en clase.

En cuanto a los criterios que se utilizan para la selección de las actividades, pudimos constatar que los docentes buscan principalmente *que sean atractivas para los alumnos, que sean de fácil aplicación, que existan los materiales necesarios* y, en el caso de las actividades de laboratorio, *que tengan la probabilidad de realizarse con éxito*.

Los profesores en su mayoría opinan que *las actividades fundamentales en las clases de ciencias son las experimentales* y que los factores que condicionan la selección de actividades son: *los objetivos que se pretenden alcanzar, el modelo de ciencia que tenga el profesor, sus concepciones sobre el aprendizaje, y las orientaciones curriculares institucionales*.

Por lo que toca a la organización de la secuencia de las actividades y a la estructuración de la enseñanza, los profesores, siguen alguno de los dos modelos siguientes:

#### **Modelo A :**

- *Explicación por parte del profesor del material bibliográfico que leyeron los alumnos como tarea o bien lectura del mismo en el salón de clase.*
- *Sesión de preguntas orales para aclarar los aspectos que no se hubieran comprendido bien.*
- *Realización de ejercicios o problemas en los que los estudiantes aplican las ideas o procedimientos explicados.*
- *Realización de alguna práctica ilustrativa relacionada con el tema.*
- *Aplicación de un examen o de alguna otra modalidad de evaluación*

<sup>1</sup> Las opiniones de los profesores las hemos tomado de: Gómez, C. M. *et al Investigación sobre la práctica docente de los profesores de asignatura del área de ciencias experimentales del Plantel Sur del CCH*. Producto de labores académicas 1994-1995.

**Modelo B :**

Para lograr que el proceso sea más activo y acorde a la metodología de trabajo del CCH, un buen número de profesores han introducido algunas variantes al modelo anterior:

- *Asignación de un tema objeto de estudio a cada equipo de estudiantes o, a veces, selección del mismo por ellos.*
- *Búsqueda de información sobre el tema.*
- *Elaboración de una síntesis en la que los alumnos incluyen aquellas informaciones que les parecen más pertinentes sobre el tema.*
- *Exposición de la información a los demás compañeros, ilustrada con dibujos, esquemas, etcétera, misma que es complementada, a veces, por las explicaciones del profesor.*
- *Realización de actividades de laboratorio en equipo, como prácticas, o experimentos, generalmente propuestas por el profesor para ilustrar o aplicar los conocimientos sobre el tema.*
- *De vez en cuando, se asiste a la sala audiovisual a ver una película o un video, para reforzar algún tema visto en clase.*
- *Elaboración de un reporte de la actividad y, si hay tiempo, se exponen los resultados de la práctica al grupo.*
- *Cuando se terminan de revisar los temas de la unidad, se hace un examen.*

Resulta evidente que, en ambos métodos subyace el supuesto de que bastará poner al alumno en contacto con el conocimiento científico, sea a través de la explicación del profesor, por parte de la exposición de los propios alumnos, o mediante la lectura de bibliografía, para considerar que los alumnos han sido capaces de comprenderlo y de aprenderlo. Asimismo, los profesores dan por hecho que basta que los alumnos realicen actividades prácticas y ejercicios, para que comprendan la aplicación práctica del conocimiento, en teoría adquirido. Consideran asimismo, que realizando prácticas y actividades experimentales, los alumnos reforzarán lo aprendido y no lo olvidarán.

Es preciso señalar, que ninguno de los profesores que participaron en la encuesta tuvo en cuenta las dos condiciones que deben darse para que un conocimiento sea significativo: *que sea construido por el alumno a partir de sus conocimientos previos y que esté vinculado con sus intereses.*

## 1.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

Cañal y otros autores, destacan la función esencialmente comunicativa que caracteriza a las actividades didácticas, ya que concretan las interrelaciones entre los saberes a enseñar, el profesor y el que aprende. Por otro lado, estos autores afirman que la selección de las actividades responde a una intencionalidad, muchas veces no explícita, que puede ser del profesor, de la propia institución escolar, o del sistema educativo en general y que debe ser coherente con el sistema de valores, con la visión de ciencia, y con la concepción tanto de la enseñanza como del aprendizaje, de quien las selecciona.<sup>2</sup>

Desde la nueva orientación de la *didáctica de las ciencias* -que introduce una visión radicalmente distinta a la de los currículos tradicionales de tipo conductista- un currículo ha de ser, *más un programa de actividades, que una lista de contenidos y objetivos.*<sup>3</sup> Según Driver, *dado que no se deben transmitir conocimientos en forma parcelaria y fragmentada, lo que debe hacerse, es diseñar actividades para que los estudiantes actúen y aprendan, según su situación individual.*<sup>4</sup> Esto no significa, como hemos afirmado anteriormente, que se dejen de lado los aspectos básicos del currículum que son los propósitos, contenidos, etcétera, sino que se centre el interés en las actividades en el aula que son necesarias para alcanzarlos.

En el ámbito de la *didáctica de las ciencias*, por lo que toca a los *modelos de diseño pedagógico para la enseñanza de las ciencias*, existe una gran diversidad de propuestas reportadas en los últimos años, que reflejan las diferentes visiones que tienen sus autores, acerca de la naturaleza de la ciencia y de cómo aprende el alumnado. Al respecto, consideramos que dado el gran número de variables que influyen, aún no existe una propuesta de investigación acabada que sirva para evaluar la efectividad de las diferentes metodologías de enseñanza que se han tratado de poner en práctica, por lo que su validación se ha restringido únicamente a revisar que el diseño sea consecuente, tanto con los modelos de ciencia como los del aprendizaje, que sostiene la *didáctica de las ciencias*. Por tanto, cualquier propuesta puede considerarse solamente como una hipótesis de trabajo.

<sup>2</sup> Cañal, P. et al. "El lugar de las actividades en el diseño y en el desarrollo de la Enseñanza ¿cómo definirías y clasificarlas? En: *Investigación en la escuela*. 1993, 19, pp. 7-13.

<sup>3</sup> Gil, D. "Contribución de la Historia..." *Op. cit.* p. 208.

<sup>4</sup> Jiménez, M.P. "Entrevista a Rosalind Driver." En: *Cuadernos de pedagogía*. 1988, 155, pp. 32-35.

No obstante la proliferación de propuestas, en la literatura del área se pueden identificar dos modelos principales de metodologías de enseñanza, mismos que, aunque provienen de líneas de trabajo diferentes, coinciden en algunos aspectos. Estos modelos son los siguientes:

- Metodologías didácticas orientadas a la reconstrucción del conocimiento previo de los alumnos.
- Metodologías didácticas orientadas a promover el aprendizaje a través de la investigación.

### **METODOLOGÍAS DIDÁCTICAS ORIENTADAS A LA RECONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO PREVIO DE LOS ALUMNOS.**

A principios de los años ochentas, en el marco de la orientación constructivista del aprendizaje, se difundió rápidamente un modelo de diseño curricular basado en el llamado *cambio conceptual*, mismo que dio origen a diversos métodos de enseñanza que centran su énfasis en el diseño de actividades para hacer explícitas las concepciones previas de los alumnos y para introducir puntos de vista más correctos científicamente. En consecuencia, las actividades se diseñan no sólo desde el punto de vista del *conocimiento científico oficial*, sino también en función de las concepciones alternativas que presenten los estudiantes. Asimismo, se procuran actividades de aplicación de las nuevas concepciones.<sup>5</sup>

Esta corriente del *cambio conceptual* tiene sus antecedentes en el llamado *Ciclo de Aprendizaje* que con fundamentos piagetianos, propuso Karplus en 1971 para el proyecto SCIS.<sup>6</sup> Se trataba fundamentalmente de provocar la desequilibración conceptual del alumnado, promover el uso de nuevas estructuras y reequilibrar los conceptos. Para el tratamiento de cualquier tema, Karplus propuso dividir las actividades en tres distintos momentos:

- *Momento de exploración*, en el que las actividades tienen como fin, tanto que el estudiante manipule y experimente con objetos u organismos, como que observe y manifieste sus propias ideas. En esta etapa la guía del profesor es mínima.
- *Momento de invención*, en el que las actividades se orientan a la introducción de los conceptos objeto de estudio. Se llama *invención* porque se propone que los estudiantes construyan por sí mismos los conceptos a partir de las actividades, y no tanto que el maestro se los *transmita*. Dichas actividades son mucho más dirigidas que las de la etapa anterior y durante su desarrollo se introducen los nuevos conceptos y definiciones. Asimismo se le da la oportunidad de utilizar el nuevo concepto en distintos ejemplos o situaciones.

<sup>5</sup> Gil, D. y De Guzmán, M. *Enseñanza de las ciencias y de la matemática*. 1993. pp. 47-48.

<sup>6</sup> *Proyecto SCIS*. Science Curriculum Instructional Secuency. 1971. Berkeley: Mc. Nally. Complementado con la versión moderna: SCIS. 3, 1992.

- *Momento de descubrimiento.* Esta etapa tiene como fin que el alumno aplique, refuerce y amplíe el significado del nuevo concepto. En esta etapa los estudiantes realizan investigaciones más abiertas, en las cuales tienen que aplicar el nuevo concepto a diferentes situaciones.

Esta estructura se repite para el estudio de cada concepto importante, y de aquí el nombre de *ciclos de aprendizaje*.

En 1982, Posner, Strike, Hewson y Gertzog enriquecieron el modelo del cambio conceptual intentando fundamentarlo a través de analogías con algunas corrientes epistemológicas de la ciencia. Basándose en Kuhn, Lakatos y Toulmin, propusieron una visión de enseñanza de las ciencias como un proceso, a través del cual, el estudiante *cambia* sus concepciones, inicialmente erróneas o alternativas, por otras más acordes con el punto de vista científico actual.

Según ellos, a través de las actividades de enseñanza, se debe conseguir que el estudiante se sienta *insatisfecho con sus concepciones previas, y que la nueva concepción que se introduzca le parezca, tanto inteligible y útil para resolver problemas, como aplicable a distintas situaciones.*<sup>7</sup>

En los últimos años, estas concepciones sobre el aprendizaje de las ciencias, condujeron a diversos modelos de enseñanza que tenían el objetivo explícito de *provocar en los alumnos conflictos cognoscitivos y cambios conceptuales*. Por ejemplo, Driver y Oldham en 1986, diseñaron en Gran Bretaña, el proyecto *Children's Learning in Science (CLISP)* cuyo modelo de enseñanza se basa en el cambio conceptual. La secuencia de actividades que proponen comprende las siguientes etapas:

- *La identificación y clarificación de las ideas que ya poseen los alumnos.*
- *La puesta en cuestión de esas ideas a través de contraejemplos.*
- *La introducción de nuevos conceptos, bien mediante un torbellino de ideas de los alumnos, o bien por la presentación explícita del profesor, o a través de materiales de instrucción.*
- *La orientación a los estudiantes para utilizar las nuevas ideas.*<sup>8</sup>

Sin embargo, no obstante el número de propuestas que han aparecido en esta línea y el ímpetu con que se han extendido, la visión de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias como un proceso de *cambio conceptual*, ha sido muy debatida en los últimos años y algunos miembros de la comunidad docente e investigadora en didáctica de las ciencias, han llegado inclusive a cuestionar la efectividad de dicha orientación.

<sup>7</sup> Posner, G. et al. "Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change". En: *Science education*, 1982, 66 (2), pp. 211-227.

<sup>8</sup> Driver, R. y Oldham, V. "A constructivist approach to curriculum development and science". En: *Studies in science education*, 1986, 13, pp. 105-122.

No obstante, es preciso enfatizar que tanto la atención a las ideas previas de los alumnos, como la orientación de la enseñanza como cambio conceptual, son defendidas actualmente por la mayoría de los autores en el campo de la didáctica de las ciencias, ya que han sido teóricamente fundamentadas y apoyadas en la evidencia experimental.

Por ejemplo, Hewson, a través de distintas investigaciones, probó que la aplicación de este modelo produce mejores resultados, comparado con la estrategia habitual de transmisión-recepción.<sup>9</sup> A su vez, Gunstone y Northfield postularon la importancia de que el estudiante dirija su propio aprendizaje y la necesidad de que pueda explicar, no sólo sus puntos de vista iniciales, sino también los cambios operados en su forma de razonar y los motivos de dichos cambios.<sup>10</sup>

Desde nuestro punto de vista, nos parece que la corriente del cambio conceptual es criticable por las siguientes razones:

Orientar las actividades al cambio conceptual, nos parece un artificio que no es coherente con los modos de producción del conocimiento científico, pues significa generalizar que la enseñanza de las ciencias se reduce a este objetivo lo que, a nuestro modo de ver, es incorrecto, dado que aprender ciencia también es, por ejemplo, incrementar la información acerca de hechos y de ideas que no implican necesariamente cambios conceptuales, así como también aprender procedimientos y actitudes, ya que en la enseñanza de las ciencias intervienen muchos factores de tipo afectivo y social. Por tanto, la metodología no puede ser planteada como un proceso lineal, ni de tipo puramente lógico. En este sentido, estamos de acuerdo con Arca, cuando insiste en que *aprender ciencias es identificar otras formas de mirar, otras formas de razonar y otras formas de explicar.*<sup>11</sup>

Por otro lado, nos parece que las concepciones alternativas, dado que le funcionan al alumno en el contexto cotidiano, son difíciles de erradicar, y vuelven a reaparecer aunque se crean superadas, por lo que no es tan importante cambiarlas, como identificar y construir formas paralelas de interpretar los fenómenos. En este sentido, pedir a los estudiantes que expliciten sus ideas, sólo conduce a que las refuercen y consoliden; asimismo, ello nos parece una acción en contra de la autoestima del alumno, ya que se le obliga a hacer explícitas unas ideas que en seguida se le cuestionarán. A nuestro modo de ver, plantear el conflicto cognitivo para que se produzca un cambio conceptual, no es necesario, dado que éste puede producirse a través de otros medios y a lo largo del tiempo. En otras palabras, nosotros pensamos que es difícil que se puedan cambiar las concepciones de los estudiantes provocándoles conflictos cognitivos, sea por vía de hacerlos observar datos

<sup>9</sup> Hewson, P. y Thorley, N. "The conditions of conceptual change" En: *International Journal of science education*. 1989, 11, pp. 541-553.

<sup>10</sup> Gunstone, R.F. y Northfield, J. "Metacognition and learning to teach". En: *International Journal of science teaching*. 1994, 16 (5) pp. 523-537.

<sup>11</sup> Arca, M. *et al. Enseñar ciencia*. 1990. p. 18.

que contradigan lo que piensan, o sea a través de lecturas o de otros sistemas de información. De hecho, hemos observado que algunos autores más recientes, ya no utilizan la expresión *cambio conceptual*, y prefieren hablar de *evolución conceptual* o, sencillamente, de *enseñanza constructivista*. Asimismo, se habla de *modelos ecológicos*, para referirse a diseños en los que se intenta interrelacionar variables cognitivas del aprendizaje con variables afectivas. En nuestra opinión, todo esto indica la necesidad de profundizar aún más en modelos de aprendizaje de las ciencias, que vayan más allá de las preconcepciones de los alumnos y del cambio conceptual.

### **METODOLOGÍAS DIDÁCTICAS ORIENTADAS A PROMOVER EL APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN.**

La segunda gran corriente constructivista de modelos didácticos, pone énfasis en *aproximar el aprendizaje de las ciencias a la actividad científica real*. Sus autores proponen una metodología basada en el tratamiento de problemas de investigación abiertos, en la que *el aprendizaje de las ciencias se concibe, no como un simple cambio conceptual, sino como un cambio, a la vez, conceptual, metodológico y actitudinal*.<sup>12</sup>

Diversos investigadores en el campo de la *didáctica de las ciencias* en especial, el grupo de la Universidad de Valencia,<sup>13</sup> postulan que la estrategia de enseñanza, debe consistir en *plantear el aprendizaje como tratamiento de situaciones problemáticas abiertas, que sean de interés para los alumnos*. Cabe señalar que muchos investigadores y docentes que trabajan en el campo de la *didáctica de las ciencias* apoyan hoy en día esta propuesta y en sus investigaciones hacen referencia a ella.<sup>14</sup>

Esta corriente sostiene, que desde un punto de vista constructivista, resulta esencial *asociar explícitamente la construcción de conocimientos a problemas específicos*, pues parafraseando a Bachelard afirman que *todo conocimiento es la respuesta a una cuestión*.<sup>15</sup> Por otro lado, sus autores cuestionan el que se pretenda lograr el cambio conceptual tomando como punto de partida las ideas de los alumnos. En vez de esto, proponen tomar

<sup>12</sup> Gil, D. "Contribución de la historia ..." *Op cit.* p. 203. También en: Gil, D y De Guzmán, M. *Enseñanza de las ciencias y de la matemática. Tendencias e Innovaciones. Op. cit. Apud.*

<sup>13</sup> Entre ellos podemos citar a Daniel Gil Pérez, Carlos Furió y Más, Valentín Gavidía Catalán, Jaime Carrascosa y Joaquín Martínez Torregrosa.

<sup>14</sup> Gil, D. "Contribución de la historia ..." *Op cit.* p. 209. Entre ellos Gil menciona a Driver y Oldham 1986; Burbules y Linn 1991; Wheatley 1991; y se autocita en sus trabajos de 1982, 1983 y 1987.

<sup>15</sup> Bachelard, G. *La formación del espíritu científico*. 1938. Citado por Gil, D. en "Contribución de la..." *Op cit.* p. 203.

las ideas de los alumnos como simples hipótesis, con lo que se concede un *status* muy diferente al que tenían en la corriente llamada *del conflicto cognoscitivo*, que suponía que estas ideas eran erróneas y que, por lo tanto, deberían ser cambiadas. En esta nueva orientación, se trata de realizar un trabajo de profundización, en el que las ideas de los alumnos, tomadas como hipótesis, son sustituidas por otras más cercanas a la realidad científica, pero considerándolas tan apropiadas como las anteriores. Solomon argumenta en este sentido, que *el profesor no puede simplemente rechazar aquellas ideas de los alumnos que no se ajusten a las teorías vigentes, pues con esto dejaría de existir un diálogo abierto.*<sup>16</sup>

El siguiente cuadro, resume la estrategia de enseñanza para un aprendizaje como investigación.

---

<sup>16</sup> Solomon, J. "Teaching about the nature of science in the British National Curriculum" En: *Science education*. 1990, 75 (1), pp. 95-103.

## ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA PARA UN APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN.<sup>17</sup>

1. Plantear situaciones problemáticas que teniendo en cuenta las ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes de los alumnos, generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
2. Proponer a los estudiantes el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones con la ayuda de la suficiente búsqueda bibliográfica, para acotar problemas precisos. Es la ocasión de que empiecen a explicitar funcionalmente sus ideas.
3. Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, lo que conlleva entre otras cosas:
  - La invención de conceptos y emisión de hipótesis son ocasión para que las ideas previas sean usadas para hacer predicciones.
  - La elaboración de estrategias de resolución incluyendo, en su caso, diseños experimentales para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
  - La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en ocasión de conflicto cognoscitivo, dado que todas las ideas de los alumnos son consideradas como hipótesis.
4. Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones, para hacer posible la profundización y el afianzamiento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones ciencia-tecnología-sociedad que enmarcan el desarrollo científico, propiciando la toma de decisiones al respecto y dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene toda ciencia.
5. Favorecer en particular, las actividades de síntesis -esquemas, memorias, mapas conceptuales-, la elaboración de productos y la concepción de nuevos problemas.

Sus autores califican esta propuesta como *radicalmente constructivista*, en el sentido de que contempla una participación efectiva de los alumnos en la construcción de los conocimientos, y no una simple reconstrucción subjetiva de los conocimientos anteriores mediante otros proporcionados por el profesor o por los textos. Por tanto, podemos afirmar que las situaciones problemáticas abiertas, el trabajo científico en equipo y la interacción entre los equipos, son los tres elementos esenciales que caracterizan a la llamada *orientación constructivista radical* del aprendizaje de las ciencias.<sup>18</sup>

<sup>17</sup> El cuadro aparece en Gil, D. "Contribución de la historia..." *Op. cit.* p. 203.

<sup>18</sup> Gil, D y Martínez-Torregrosa, J. "Los programas guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias". En: *Investigación en la escuela*. 1987, 3, pp. 3-12.

Sus autores afirman que en este planteamiento se trata de colocar a los alumnos en la misma situación por la que habitualmente pasan los científicos durante su período de formación, de modo que puedan familiarizarse, aunque sea mínimamente, con la naturaleza del trabajo científico y con las formas que utiliza para llegar a sus resultados. La estrategia ha de responder a las características de una investigación dirigida, en la que los resultados parciales, embrionarios, obtenidos por los alumnos, puedan ser reforzados, matizados, o puestos en cuestión y se cotejen constantemente con los resultados obtenidos por los distintos equipos. Por tanto, se tratará de favorecer la máxima interacción entre los grupos, a través de la cual los alumnos puedan asomarse a una característica fundamental del trabajo científico: *la insuficiencia de las ideas y resultados obtenidos por un único colectivo y la necesidad de cotejarlos con los obtenidos por otros, hasta que se produzca suficiente evidencia convergente, para que la comunidad científica los acepte*. Esta propuesta, exige la transformación del clima del aula para que se supere la habitual atmósfera de control autoritario, más típica de "trabajos forzados" que de investigación científica.

En esta tarea se ha de contar con la inestimable ayuda de un experto (el profesor) en aquellos dominios bien conocidos por él. "*...El profesor será portavoz de las ideas que la comunidad científica ha ido aceptando, como resultado de un largo proceso.*"<sup>19</sup> Los autores de esta corriente proponen la metáfora del *investigador novel* para caracterizar al alumno y la del *investigador experto* para caracterizar al profesor, evocando a Vygotsky en su descripción acerca del papel que juega el adulto en el aprendizaje del joven.<sup>20</sup>

Sin embargo, sus autores previenen contra algunas visiones reduccionistas de esta propuesta, como aquellas que tienden a identificarla con realizar únicamente trabajo de laboratorio, argumentando que su naturaleza de actividad abierta, reclama también como elementos clave, tanto la lectura, como la comunicación. En este sentido, el leer un texto, o el escuchar al profesor, no se identifican con la recepción de un conocimiento ya elaborado, sino que aparecen asociadas a una búsqueda de información, que puede ser destinada a precisar un problema, a fundamentar una hipótesis, o a confrontar la propia actividad con otros puntos de vista. Se insiste en particular en que hablar de trabajo científico, no significa necesariamente referirse a trabajo experimental, pues la resolución de problemas de lápiz y papel, o la introducción de conceptos, son también elementos clave de una concepción constructivista de la investigación. En este contexto, el profesor debe reforzar el trabajo de los alumnos añadiendo información, la que habrá de resultar significativa en tanto que responde a un problema que los alumnos ya han hecho suyo.<sup>21</sup>

---

<sup>19</sup> Gil, D. "Contribución de la historia..." *Op. cit.* p. 204.

<sup>20</sup> *Ídem.*

<sup>21</sup> *Ibidem.* p. 206.

Dado que el currículum se concibe desde la óptica constructivista, no tanto como un conjunto de saberes y habilidades a lograr, sino fundamentalmente como un programa de actividades a través del cual, dichos saberes y habilidades pueden ser contruidos y adquiridos, los programas de investigación preparados por el profesor, tendrán como fin orientar y prever el trabajo de los alumnos, a través de investigaciones sencillas, en las que se requerirá una dirección flexible, que estimule a los alumnos a avanzar en sus construcciones tentativas. Por otro lado, estos programas deben constituir un verdadero trabajo de investigación que debe someterse a control experimental, tanto a través de su aplicación en el aula, como a través de la crítica de otros expertos. Por tanto, los programas de investigación, estarán siempre en reelaboración y estarán sometidos a retoques, añadidos y, en ocasiones, hasta a completas remodelaciones.<sup>22</sup> Se requiere, asimismo, que el trabajo docente no sea una tarea aislada, pues las dificultades de aplicación de este modelo y los saberes que requiere, sobrepasan las posibilidades de cualquier ser humano. Por tanto, es indispensable que se plantee como una tarea colectiva, desde su planeación hasta su evaluación.<sup>23</sup>

En la siguiente página, se presenta un esquema que sintetiza las etapas de una investigación abierta, constantemente retroalimentada, sin reglas ni etapas dirigidas.<sup>24</sup> En esta propuesta se pueden identificar:

*Actividades de iniciación* que tienen la función de sensibilizar ante el tema y de plantear el problema. En ellas se pueden introducir conceptos necesarios para formular el problema de forma más precisa.

*Actividades de desarrollo*, en las que los estudiantes deben formular hipótesis, contrastarlas y fundamentar sus modelos explicativos. Las actividades de contrastación pueden ser experimentales o en relación con un cuerpo de conocimientos.

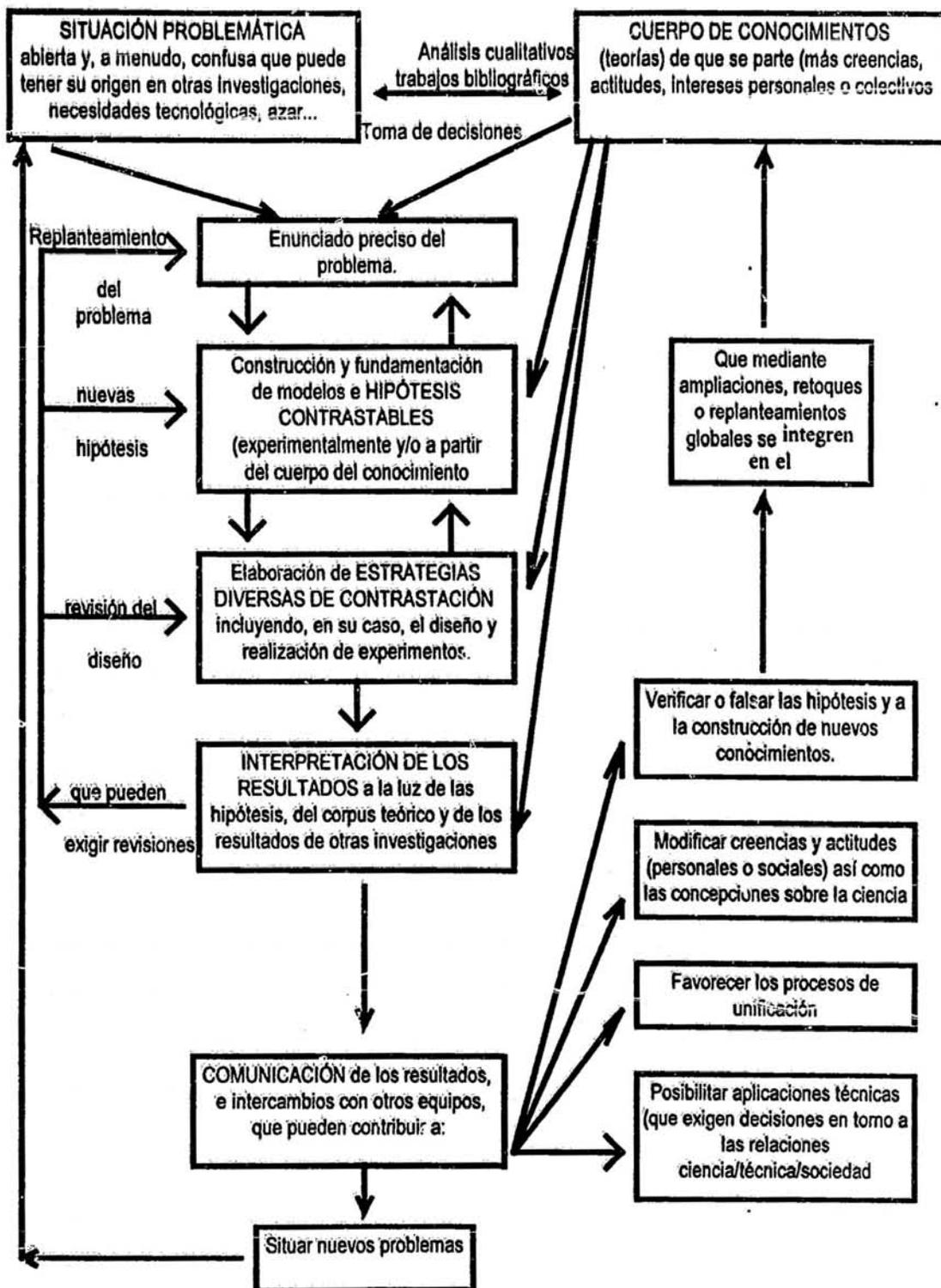
*Actividades de acabado*, en las que se elaboran síntesis, se evalúa el trabajo realizado y se explicitan los problemas que quedan planteados. En esta fase se llevan a cabo actividades que impliquen acciones, generalmente a favor del medio ambiente o social, en las que se trabajan especialmente las actitudes.<sup>25</sup>

<sup>22</sup> *Ibidem*. p. 208.

<sup>23</sup> *Ibidem*. pp. 208-209.

<sup>24</sup> Este diagrama de investigación fue proporcionado por Daniel Gil a los profesores de ciencias que asistimos al Programa PAAS en la Universidad Autónoma de Madrid en mayo de 1996.

<sup>25</sup> Gil, D. y Carrascosa, J. "Science learning as a conceptual and methodological change". En *Science education*, 1985, 7 (3), pp. 231-236.



Entre las principales críticas que se han hecho a esta propuesta, podemos mencionar:

- *La propuesta no presenta muchas diferencias con la concepción del aprendizaje por descubrimiento y también se asemeja a la correspondiente al cambio conceptual en sus fases de iniciación, desarrollo y acabado.*<sup>26</sup>
- *Es difícil que los alumnos lleguen a la formulación de problemas e hipótesis significativas, cuando no tienen conceptos de referencia en los que apoyarse que no sean los intuitivos. Resulta necesario disponer de unos conceptos generales suficientemente potentes que permitan aplicarlos a la resolución de los problemas.*<sup>27</sup>
- *Requiere que los alumnos pasen mucho tiempo en el laboratorio, sin tener en cuenta las condiciones escolares.*
- *Los alumnos no pueden construir por sí mismos, todos los conocimientos que tanto tiempo y esfuerzo costaron a los grandes científicos.*
- *Es una propuesta cerrada, pues no admite la conjunción de momentos de investigación con etapas de recepción.*<sup>28</sup>

Desde nuestro punto de vista, esta propuesta presenta muchos puntos similares a la anterior; sin embargo, tiene la ventaja de que en ella se toman en cuenta, tanto las relaciones ciencia-técnica-sociedad, que implica una toma de decisiones por parte de los alumnos, como diversos componentes afectivos, como son el interés por la tarea y el clima de trabajo en el aula. También nos parece importante para el alumnado de bachillerato que las actividades didácticas se diseñen de forma que reproduzcan fases que se consideran características de la forma de trabajar de los científicos, dado que a través de este método de enseñanza se relacionan fuertemente los conceptos, los procedimientos y las actitudes ya que estamos de acuerdo en que el cambio a producir, como resultado del proceso de enseñanza, no sólo debe ser conceptual, sino también metodológico y actitudinal. Asimismo, nos parece muy pertinente el énfasis que se hace en la importancia de la información y del manejo de conceptos para el tratamiento de situaciones problemáticas, ya que, tanto la invención de hipótesis por parte de los alumnos, como la formulación de conclusiones, exigen un cuerpo de conocimientos coherente construido, tanto con la ayuda del profesor, como a través de la consulta bibliográfica.

Nos parece que esta propuesta aporta los elementos necesarios para superar los problemas enfrentados al aplicar, tanto el modelo por *descubrimiento*, como el de *transmisión-recepción* de conocimientos ya elaborados. Nos parece que el favorecer el intercambio colectivo, tanto a nivel de equipos, como a nivel de

<sup>26</sup> Sanmartí, N. "Proyecto docente ..." *Op. cit.* p. 178.

<sup>27</sup> García, J. E. "Fundamentación teórica de la educación ambiental: Una reflexión desde las perspectivas del constructivismo". *Ponencia presentada al II congreso andaluz de educación ambiental*. 1994. Sevilla: Junta de Andalucía. p. 17. Fotocopiado.

<sup>28</sup> Esta crítica y las dos anteriores las menciona el propio Daniel Gil en: Gil, D. "Contribución de la..." *Op. cit.* pp. 203 y 205.

todo el grupo, hace la gran diferencia con el llamado *modelo por descubrimiento*, en donde se trataba de que los alumnos realizaran *investigaciones autónomas* para las que no contaban frecuentemente con el suficiente sustento teórico y que no concedía asimismo demasiada importancia a la discusión y la retroalimentación colectiva.

Por todo lo dicho recogemos como propuesta esta estrategia para la enseñanza de las ciencias, dado que es profundamente coherente con la orientación constructivista y con las características del razonamiento científico.

Para finalizar nuestra exposición sobre los modelos de enseñanza, es preciso señalar que recientemente han proliferado, en el ámbito de la *didáctica de las ciencias*, algunas propuestas provenientes de la orientación curricular *Ciencia-Tecnología-Sociedad*, las que postulan como método de enseñanza la resolución de problemas de interés para el alumno, ya sea relacionados con su vida cotidiana o con intereses de la comunidad en que vive. Cabe señalar que la secuencia de actividades que se plantea coincide, en gran medida, con los modelos constructivistas basados en la investigación, descritos en el apartado anterior.<sup>29</sup> García ha complementado estos modelos, proponiendo que las actividades y los conceptos se organicen y se secuencien en *espiral*, es decir, relacionando el componente cíclico y el componente de progresión, tanto en el aspecto metodológico como conceptual.<sup>30</sup>

En el campo de la psicopedagogía, hemos encontrado otro extenso número de propuestas de organización del proceso de enseñanza-aprendizaje, que no incluiremos en este trabajo, dado que no son específicamente dirigidas hacia la enseñanza de las ciencias.

Como conclusión, nos parece pertinente afirmar que, en relación con la manera de organizar las actividades didácticas, existen en el momento actual diferentes propuestas que son consecuentes con la orientación constructivista de la didáctica de las ciencias. Sin embargo, la puesta en práctica de cualesquiera de ellas implica la necesidad de un cambio profundo en las concepciones de los profesores, tanto en lo que se refiere a las características que deben tener las actividades didácticas para la enseñanza de las ciencias, como en lo concerniente a su visión sobre la manera de organizarlas en el tiempo asignado para la enseñanza.

---

<sup>29</sup> Bybee, R. *Reforming science education*. 1993. p 122..

<sup>30</sup> García, J.E. "Fundamentación teórica..." *Op cit.* p. 18.

## **2. LAS ACTIVIDADES MÁS USUALES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.**

En el apartado anterior clasificamos las actividades según su función en los diferentes momentos del proceso de enseñanza-aprendizaje. En este apartado se analizarán los *trabajos prácticos*, que se consideran tradicionalmente los más característicos en la enseñanza de las ciencias. Nos referiremos también brevemente a la resolución de problemas, a las actividades que hacen uso de las nuevas tecnologías, y a otras más en las que se han depositado esperanzas para lograr una enseñanza más eficaz.

### **2.1. LOS TRABAJOS PRÁCTICOS.**

En el campo de la didáctica de las ciencias, se entiende por *trabajos prácticos* aquellas actividades que comportan la manipulación de materiales, objetos u organismos con la finalidad de observar y analizar los fenómenos de la naturaleza. Se pueden realizar en el laboratorio, pero también en el aula o en el campo.

#### **2.1.1. VISIÓN DE LOS PROFESORES DEL BACHILLERATO DEL CCH.**

De la investigación que realizamos con los profesores de asignatura del Plantel Sur del CCH, en relación con las actividades prácticas, pudimos obtener los siguientes resultados y conclusiones:<sup>31</sup>

En primer lugar pudimos observar que hay poca variedad en los tipos de actividades que realizan los profesores y que su repertorio se centra, en términos generales, en exposiciones, lecturas, películas o videos, prácticas de laboratorio, actividades experimentales y *ejercicios* consistentes en responder cuestionarios o resolver problemas. Es frecuente que muchas clases sean de tipo teórico y expositivo y en ellas sólo se utiliza como material de apoyo el gis y el borrador. Encontramos, asimismo, que muy pocos profesores realizan trabajos de campo, modelos o maquetas u organizan exposiciones a partir de los trabajos realizados por los alumnos. Actividades como la discusión de diseños o de conceptos, los debates, la elaboración de mapas conceptuales, la presentación de experiencias de cátedra, la elaboración de periódicos murales, o la aplicación de juegos o simulaciones, no son aplicadas con frecuencia y, muchas veces, ni siquiera son conocidas por los profesores.

---

<sup>31</sup> Gómez, C.M. "Investigación sobre la práctica docente de los profesores de asignatura del Plantel Sur." Producto de labores académicas 1994-1995. pp. 48-52.

Respecto a la finalidad de las actividades de laboratorio, las respuestas más comunes que obtuvimos fueron las siguientes: *motivar y estimular a los alumnos, enseñar técnicas y habilidades, enseñar los procedimientos de la ciencia, facilitar el aprendizaje de conceptos científicos y desarrollar actitudes científicas.*

Algunos profesores consideran que las prácticas y experimentos no sirven para aprender conceptos, sino solamente son útiles para el aprendizaje de métodos de trabajo y para despertar el interés por la ciencia.

A través de la investigación pudimos observar, que en términos generales, los profesores hacen pocos trabajos prácticos con los alumnos. Entre las razones argumentadas para no hacerlos, los profesores dijeron que *no los consideran muy importantes para aprender, se pierde mucho tiempo con ellos, algunos son difíciles de manejar en el aula, propician desorden, no hay material suficiente y son más importantes los contenidos teóricos para el aprendizaje.*

Llama la atención constatar que ninguno de los profesores encuestados relacionaron los malos resultados obtenidos por los estudiantes en las clases de ciencias, con una posible mala planificación de las actividades por parte de ellos, sino que generalmente atribuyen los deficientes resultados a problemas relacionadas con los alumnos.

## **2.1.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.**

### **A) SOBRE EL CONCEPTO DE TRABAJOS PRÁCTICOS.**

En el ámbito de la didáctica de las ciencias, las referencias bibliográficas sobre los trabajos prácticos son muy abundantes.

Respecto a la clasificación de los trabajos prácticos, existen diferentes versiones. Por ejemplo, Caamaño y otros, los dividen en *experiencias, encaminadas a vivir los fenómenos; experimentos ilustrativos, cuyo objetivo es ilustrar y favorecer la comprensión de los conceptos principios y leyes; ejercicios prácticos, destinados al aprendizaje de habilidades prácticas, técnicas y estrategias de investigación, habilidades intelectuales y de comunicación; e investigaciones, que tienen como fin dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como científicos y tecnólogos en la resolución de problemas.*<sup>32</sup>

Izquierdo, en cambio, los clasifica en función del tipo de operaciones mentales implicadas en ellas:

- *Inductivas* en las que se pide al estudiante que *descubra* algo por razonamiento inductivo, detectando regularidades. Un ejemplo de ello sería alguna actividad práctica orientada a responder la pregunta *¿todos los gases pesan?*

<sup>32</sup> Caamaño, A.; Carrascosa, J. y Oñorbe, A. Los Trabajos experimentales en ciencias experimentales. En: *Alambique*, 1994, 2, 4-5.

- *Deductivas* en las que se pide que los estudiantes utilicen razonamientos deductivos para relacionar ideas generales o teorías con el fenómeno observado. Un ejemplo de pregunta es: ¿Cómo podemos explicar que un globo se hinche al hacer el vacío en el recipiente que lo contiene?
- *Hipotético-deductivas* en las que se pide utilizar un razonamiento hipotético deductivo y realizar las experimentaciones necesarias para contrastar hipótesis. Un ejemplo de pregunta es : ¿Cuáles serán las mejores condiciones para el crecimiento de una planta?.<sup>33</sup>

## **B) FINALIDAD DE LOS TRABAJOS PRÁCTICOS**

Respecto a los trabajos prácticos, nos parece que a menudo, el profesorado no es consciente del potencial de oportunidades de aprendizaje que ofrecen.

Tamir, recogiendo la opinión de diversos autores, resume sus principales objetivos y finalidades de la siguiente manera:

- Facilitar la comprensión de los conceptos científicos, puesto que familiarizan a los alumnos con los hechos y fenómenos naturales, al tiempo que ofrecen al profesor una oportunidad única para detectar las concepciones alternativas de los alumnos sobre los mismos.
- Favorecer la adquisición de habilidades intelectuales tales como la resolución de problemas, el análisis, la generalización, el pensamiento crítico, la aplicación, la síntesis, la evaluación, la toma de decisiones y la creatividad.
- Ofrecer a los estudiantes la oportunidad de trabajar habilidades de tipo diverso: manipulativas, investigadoras, organizativas, comunicativas, etcétera.
- Favorecer la comprensión de conceptos básicos en la investigación científica, tales como: problema científico, hipótesis, suposición, conclusión, modelo, etcétera.
- Desarrollar la capacidad de investigación mediante su participación en estudios reales lo cual favorece no sólo la comprensión de la naturaleza de la ciencia, sino de cómo trabajan los científicos, de la multiplicidad de métodos que existen en la ciencia y de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.
- Favorecer el desarrollo de actitudes científicas tales como la honestidad, la disposición a admitir el fracaso, la curiosidad, el rigor, la evaluación crítica de los resultados, etcétera.
- Motivar hacia el estudio de las ciencias. Normalmente, a los estudiantes les gusta el trabajo experimental y de esta forma se interesan, no sólo en la tarea realizada, sino también en el estudio de las ciencias en general.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Izquierdo, M. " La "V" de Gowin. Un Instrumento para aprender a aprender (y a pensar) " En: *Alambique. (Didáctica de las ciencias)*, 1994. 1, pp. 114-116.

<sup>34</sup> Tamir, P. y Luneta, V "Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias. En: *Enseñanza de las ciencias*. 1992, 10 (1), pp. 5-12.

### C) CONTROVERSIAS EN RELACIÓN A LOS TRABAJOS PRÁCTICOS

En torno a la naturaleza y a la finalidad de los trabajos prácticos hemos encontrado las siguientes interrogantes y polémicas.

Las actividades prácticas han sido asociadas por algunos autores, más a la motivación de los estudiantes y al aprendizaje de procedimientos, que al aprendizaje de conceptos y teorías.<sup>35</sup> En cambio, otros autores consideran que el aprendizaje significativo sólo es posible si los estudiantes relacionan sus experiencias prácticas con las teorías y conceptos científicos.<sup>36</sup>

Gunstone y Champagne opinan, que la actividad práctica en sí misma no es la que da lugar al aprendizaje de conceptos, sino que éstos se construyen a través de la discusión en el aula de las actividades experimentales. Insisten por ello, en que la utilidad de estas actividades dependerá del tiempo que se dedique a su discusión el cual, debería ser mucho mayor que el que se acostumbra emplear.<sup>37</sup>

Existe también cierta polémica en torno a las actividades de tipo inductivo. Es un hecho que en muchas escuelas que mantienen la filosofía de la escuela activa, se fomentan las actividades prácticas para observar los objetos y los fenómenos, y se realizan prácticas de tipo inductivo con la intención, tanto de descubrir la verdad de los hechos, como de describir la influencia de las variables que inciden en algún fenómeno. Con ello se busca crear una huella duradera en la mente del alumno y una apropiación del saber. Hoy día, muchos de los trabajos prácticos que se realizan en la escuela, responden a este modelo. En el lado opuesto, muchos autores actuales consideran que *para que la observación científica sirva de algo, ha de ser a favor o en contra de alguna tesis o teoría; y que la razón de ser de observar, no reside meramente en recoger y acumular observaciones, sino en buscar y sacar a la luz cierto orden existente en los hechos.*<sup>38</sup>

Respecto al sentido de las prácticas de tipo hipotético deductivo, muchos profesores defienden el presupuesto de que si el alumno, a partir de un problema dado, plantea hipótesis, identifica variables, las combina adecuadamente en un proceso experimental y observa los resultados, podrá *deducir* el conocimiento científico. Sin embargo, actualmente los métodos de enseñanza basados en el *redescubrimiento lógico* de la ciencia están muy cuestionados y, en consecuencia, lo están los trabajos prácticos de tipo hipotético-deductivo. En el lado opuesto, diversos autores opinan que el hecho de que el *método científico* haya sido puesto en crisis como fuente única de conocimiento, no cuestiona la necesidad de confrontar la teoría con la experimentación, por lo

<sup>35</sup> Woolnough, B. y Allsp, T. *Practical work in science*. 1985. p. 18.

<sup>36</sup> Lazarowitz, R. y Tamir, P. "Research on using laboratory instruction in science". En: Gabel, D. (edra.) *Op. cit.* pp. 94-100.

<sup>37</sup> Gunstone, R. y Champagne, A. "Promoting conceptual change in the laboratory" En: *The student and the curriculum*. 1990. pp. 159-162.

<sup>38</sup> Sanmartí, N. *Proyecto docente... Op. cit.* p.202.

que consideran que las prácticas de tipo hipotético-deductivo continúan siendo válidas para el aprendizaje científico.<sup>39</sup>

Como conclusión podemos afirmar, que a pesar del debate actual, nadie duda de que las *prácticas de laboratorio y las actividades experimentales* continúan siendo las actividades más características en una programación de enseñanza de las ciencias. Pero también hay acuerdo en que su orientación debe cambiar hacia una verdadera investigación, dejando de lado las prácticas repetitivas y estériles, si se busca que favorezcan el aprendizaje y motiven al alumno hacia la ciencia.

## **2.2. LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

### **2.2.1. VISIÓN DE LOS PROFESORES DEL BACHILLERATO DEL CCH SOBRE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.**

De la investigación con profesores de asignatura del Plantel Sur del CCH que hemos venido describiendo, pudimos indagar que muchos profesores de las asignaturas de física y química, consideran que la resolución de problemas, es una actividad fundamental para el aprendizaje de estas asignaturas. Sin embargo, la mayoría de los profesores de biología no lo consideraron importante para el aprendizaje. Es importante observar que, en términos generales, los profesores entendieron por *problemas*, los de lápiz y papel, sin extender dicho concepto a la resolución de problemas experimentales o a problemas de la comunidad.

Sobre la metodología que utilizan los profesores para enseñar a sus alumnos a resolver problemas, la mayoría parten de unos *problemas modelo* que contienen todos los datos necesarios y que generalmente son resueltos por ellos en el pizarrón, en forma muy pausada, con el fin de que todos los estudiantes puedan entender. Asimismo, enseñan fórmulas y algoritmos para que los estudiantes los puedan aplicar a otros problemas similares, que generalmente resuelven de tarea, en forma individual.

Por otro lado, los profesores no consideraron indispensable que los alumnos hayan tenido experiencia física directa, con las cuestiones a las que el problema se refiere, pues dijeron que no siempre existen los materiales, ni las condiciones para hacerlo y que bastan los esquemas que se dibujan en el pizarrón, para que el alumno entienda, por ejemplo, qué es un calorímetro, o qué es una bomba de vacío.

---

<sup>39</sup> Lazarowitz, R. y Tamir, P. *Op. cit.* pp. 94-131.

Respecto a la forma en que califican los problemas, algunos profesores manifestaron que sólo toman en cuenta que el resultado sea correcto, mientras otros valoran el esfuerzo invertido en el procedimiento, aunque no se llegue al resultado correcto.

## 2.2.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

La investigación en torno a la resolución de problemas muestra la ambigüedad actual que tiene el término. Hace unos años, nadie hubiera dudado que las palabras *resolución de problemas* hacían referencia a los ejercicios de *papel y lápiz*, orientados a solucionar problemas cuantitativos y cerrados. En el ámbito de la *didáctica de las ciencias* la concepción es mucho más amplia, sin embargo encontramos que se ha prestado a algunas confusiones.

Respecto a qué se entiende por resolución de problemas, Maloney afirma que *una persona se enfrenta a un problema cuando quiere algo y no conoce inmediatamente qué acciones puede ejecutar para obtenerlo.*<sup>40</sup>

Como hemos visto, esta definición no es la que expresaron los profesores de ciencias de nuestro bachillerato, quienes identificaron *problema* con el tipo de ejercicios de lápiz y papel que se proponen a los estudiantes al final de una lección.

Sin embargo, actualmente la concepción de *problema* que aparece en la bibliografía, es mucho más amplia. Por ejemplo, Garret clasifica los problemas en abiertos y cerrados y considera que la mayoría de los que se plantean en las aulas, son problemas cerrados, pues se reducen a ejercicios rutinarios.<sup>41</sup>

### CARACTERÍSTICAS QUE DIFERENCIAN A LOS PROBLEMAS ABIERTOS Y CERRADOS.

Fuente Garret 1985

Problemas cerrados	Problemas abiertos
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puede hallarse su solución.</li> <li>2. Son objetivos.</li> <li>3. Generalmente sólo tienen una respuesta correcta.</li> <li>4. A veces hay un algoritmo adecuado que garantiza la respuesta.</li> <li>5. Requiere un conocimiento específico de las técnicas o de los algoritmos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pueden hallarse métodos para su resolución..</li> <li>2. Son subjetivos.</li> <li>3. Sólo podemos hallar la mejor respuesta.</li> <li>4. La heurística sólo puede guiar la reflexión.</li> <li>5. Su abordaje requiere una gama amplia de informaciones.</li> </ol>

<sup>40</sup> Maloney, D.P. "Research on problem solving". En: Gabel (edra.) *Op cit.* p 327.

<sup>41</sup> Garret, R. "Resolver problemas en la enseñanza de la ciencias". En: *Alambique*. 1995, No. 5, pp. 10-15.

Respecto a la forma en que califican los problemas, algunos profesores manifestaron que sólo toman en cuenta que el resultado sea correcto, mientras otros valoran el esfuerzo invertido en el procedimiento, aunque no se llegue al resultado correcto.

## 2.2.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

La investigación en torno a la resolución de problemas muestra la ambigüedad actual que tiene el término. Hace unos años, nadie hubiera dudado que las palabras *resolución de problemas* hacían referencia a los ejercicios de *papel y lápiz*, orientados a solucionar problemas cuantitativos y cerrados. En el ámbito de la *didáctica de las ciencias* la concepción es mucho más amplia, sin embargo encontramos que se ha prestado a algunas confusiones.

Respecto a qué se entiende por resolución de problemas, Maloney afirma que *una persona se enfrenta a un problema cuando quiere algo y no conoce inmediatamente qué acciones puede ejecutar para obtenerlo.*<sup>40</sup>

Como hemos visto, esta definición no es la que expresaron los profesores de ciencias de nuestro bachillerato, quienes identificaron *problema* con el tipo de ejercicios de lápiz y papel que se proponen a los estudiantes al final de una lección.

Sin embargo, actualmente la concepción de *problema* que aparece en la bibliografía, es mucho más amplia. Por ejemplo, Garret clasifica los problemas en abiertos y cerrados y considera que la mayoría de los que se plantean en las aulas, son problemas cerrados, pues se reducen a ejercicios rutinarios.<sup>41</sup>

### CARACTERÍSTICAS QUE DIFERENCIAN A LOS PROBLEMAS ABIERTOS Y CERRADOS.

Fuente Garret 1985

Problemas cerrados	Problemas abiertos
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puede hallarse su solución.</li> <li>2. Son objetivos.</li> <li>3. Generalmente sólo tienen una respuesta correcta.</li> <li>4. A veces hay un algoritmo adecuado que garantiza la respuesta.</li> <li>5. Requiere un conocimiento específico de las técnicas o de los algoritmos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pueden hallarse métodos para su resolución..</li> <li>2. Son subjetivos.</li> <li>3. Sólo podemos hallar la mejor respuesta.</li> <li>4. La heurística sólo puede guiar la reflexión.</li> <li>5. Su abordaje requiere una gama amplia de informaciones.</li> </ol>

<sup>40</sup> Maloney, D.P. "Research on problem solving". En: Gabel (edra.) *Op cit.* p 327.

<sup>41</sup> Garret, R. "Resolver problemas en la enseñanza de la ciencias". En: *Alambique*. 1995, No. 5, pp. 10-15.

Este autor también sugiere que el concepto de *resolución de problemas* se sustituya por el de *enfrentarse a problemas*, dado que no puede hablarse de *solucionar un problema abierto*.

La didáctica propuesta para la *resolución* de problemas abiertos coincide con la metodología de enseñanza basada en la investigación del alumnado, propuesta por Gil y otros autores, que hemos revisado en el apartado anterior. Problemas abiertos serían, por ejemplo, los que se plantean, tanto en el campo de la orientación ciencia-tecnología-sociedad, como en el de la educación ambiental.

Los trabajos más clásicos sobre resolución de problemas son los de Polya, quien en 1945 propuso enseñar a resolver problemas a través de unas etapas centradas en *comprender el problema, anticipar un plan de resolución, aplicarlo y revisarlo*.<sup>42</sup> Derivadas del trabajo de este autor, se han propuesto diversas aproximaciones. Entre las más interesantes, podemos citar la de Reif, basada en *identificar la información de que se dispone y generar una descripción de las estrategias necesarias para resolver el problema*.<sup>43</sup>

Otros autores han propuesto el uso de las llamadas *bases de orientación* que ayudan a identificar las estrategias cognitivas que deben aplicarse en cada etapa, con el fin de *entrenar* a los estudiantes en su aplicación consciente.<sup>44</sup>

Respecto a las propuestas más innovadoras para la resolución de *problemas de papel y lápiz* se pueden destacar dos:

- La transformación de problemas numéricos clásicos en problemas *sin datos*, en los que los estudiantes deben aplicar un método de investigación para resolverlos.<sup>45</sup>
- El desarrollo de conocimientos de tipo metacognitivo acerca de la naturaleza del problema y de las estrategias necesarias para resolverlo.<sup>46</sup>

### 2.3. ACTIVIDADES INFORMÁTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.

El desarrollo de medios tecnológicos para el aprendizaje de las ciencias, es el campo de investigación didáctica en el que actualmente se invierte más dinero, especialmente en el desarrollo de *softwares*. En el futuro es posible que el uso de las nuevas tecnologías cambie totalmente no sólo la estructura organizativa de la

<sup>42</sup> Polya, A. *How to solve it*. 1945. *Apud*.

<sup>43</sup> Reif, F. "How can a chemist teach problem solving". En *Journal of chemical education*, 1983, 60 (1), pp. 948-953.

<sup>44</sup> Pozo, J. et al. "Aprendizaje de estrategias para la resolución de problemas". En *Alambique (Didáctica de las ciencias experimentales)*. 1995, 5, pp. 16-25.

<sup>45</sup> Gil, D. et al. "El fracaso en la resolución de problemas: Una investigación orientada por nuevos supuestos" En: *Enseñanza de las ciencias*. 1988, 6,(2), pp. 131-146.

<sup>46</sup> Labarrere, A. *Bases psicopedagógicas de la enseñanza de la solución de problemas*. 1987. pp. 208-210.

escuela, sino la forma de enseñar ciencias; por tanto, es importante que los profesores conozcan los recursos actuales y se preparen para los cambios que se avizoran en el horizonte educativo.

Por lo que se refiere al bachillerato del CCH, podemos decir que la tecnología informática, apenas empieza a aplicarse en las aulas de ciencias, por lo que no podemos incluir aquí, como lo hemos hecho en apartados anteriores, las opiniones de los profesores al respecto, Sin embargo brevemente esbozaremos algunas de las muchas posibilidades de aplicación de la informática, en el campo de la didáctica de las ciencias:

- Como fuente de bases de datos de fácil acceso, que permiten que los estudiantes puedan ser autónomos para disponer de información.
- Como fuente de recolección de datos a través de experimentos realizados mediante sensores.
- Como fuente de tratamiento de datos. La computadora permite dibujar gráficos y calcular muy rápidamente, con lo cual disminuye el tiempo entre la recolección de los datos y la interpretación de los mismos.
- Como fuente de intercambio de datos y de ideas entre alumnos a través de medios telemáticos.
- Como fuente de actividades para el aprendizaje independiente pues buena parte del aprendizaje escolar puede realizarse a través de programas computacionales, los cuales pueden repetir la información y el proceso las veces que el estudiante necesite para aprender.
- Como fuente de actividades para la evaluación y autoevaluación inmediata del aprendizaje ya que los sistemas computacionales pueden evaluar, en el mismo momento, las decisiones que se toman, por lo que existen posibilidades de corregir y de autoevaluarse.

El actual desarrollo de nuevos programas y de nuevos campos de aplicación de la computadora a la enseñanza de las ciencias, se orienta hacia las siguientes líneas de trabajo:

- Uso de las computadoras en el laboratorio.
- Uso de CD-Rom interactivos.
- Diseño de programas tutoriales de entrenamiento.
- Uso de programas de simulación.
- Telecomunicaciones.
- Uso de Hypermedia en el aprendizaje de conceptos y en la exploración de ideas.
- Previsión de resultados de las acciones en el campo de la educación ambiental.
- Comprobación de hipótesis en problemas complejos.
- Elaboración de programas tutoriales basados en sistemas expertos.<sup>47</sup>

<sup>47</sup> Sanmartí, N. *Proyecto docente... Op.cit.* pp. 215.

## 2.4. OTRAS ACTIVIDADES IMPORTANTES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.

Diversos estudios publicados muestran que tanto los alumnos como los profesores coinciden en señalar la necesidad de diversificar las actividades de enseñanza-aprendizaje en las clases de ciencias. Martín y Kempa subrayan esta necesidad, no solamente porque la diversificación de las actividades es una fuente de motivación para los alumnos, sino porque es necesario atender las diferentes expectativas y formas de aprendizaje de los alumnos.<sup>48</sup>

Por nuestra parte consideramos que entre las actividades más importantes que los docentes deberían tomar en cuenta por su alto valor pedagógico están las siguientes: Todo profesor de ciencias, debería enseñar a sus alumnos a comprender el lenguaje científico, ya sea que se encuentre en libros de texto, en libros de consulta, en revistas de divulgación científica, en periódicos, etcétera, con la condición de que éstos sean adecuados a su edad y a su nivel educativo. Es importante también que el profesor de ciencias promueva el uso de diversos instrumentos dirigidos a la autorregulación del aprendizaje y a fomentar la metacognición de los estudiantes. Entre otros, podemos destacar aquellos que ayudan a los alumnos a recapitular y a sistematizar lo que han aprendido, como son los mapas conceptuales, las "V de Gowin", los diagramas de flujo, las bases de orientación, etcétera.

## 3. LA EVALUACIÓN.

Coincidimos con diversos investigadores del campo de la *didáctica de la ciencias* en la opinión de que, de poco servirán las innovaciones que se hagan al currículo y a la metodología de enseñanza, *si no se realizan cambios similares en la evaluación*. El tema de la evaluación constituye un aspecto de gran influencia sobre estudiantes y docentes; es quizá el factor del proceso enseñanza-aprendizaje en el que más claramente se manifiestan las insuficiencias del proceso mismo y es quizá, el aspecto que establece una línea de confrontación más clara entre profesores y alumnos, contribuyendo a alterar las relaciones humanas en el aula. Según Daniel Gil, es también uno de los dominios en el que las ideas y comportamientos tradicionales se muestran más persistentes, por lo que el replanteamiento de la evaluación exige, en primer lugar, *la puesta en crisis de las concepciones docentes tradicionales, dado que éstas actúan como un auténtico obstáculo para los cambios*.<sup>49</sup>

<sup>48</sup> Martín Díaz, M. J. y Kempa, R. F. "Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de enseñanza de las ciencias en función de sus características motivacionales". En: *Enseñanza de las ciencias*. 1994, 9 (1), pp. 59-68.

<sup>49</sup> Gil, D. y De Guzmán, M. *Enseñanza de las... Op cit.* p. 16.

En este apartado analizaremos la evaluación desde la perspectiva constructivista, con la intención de resaltar que no es posible diseñar actividades de evaluación, al margen del diseño de las actividades de enseñanza. Dado que en esta corriente se considera al aprendizaje como un proceso fundamentalmente metacognitivo, las actividades de enseñanza y las de evaluación deben coincidir.

En el desarrollo de este tema, sobre la base de los resultados de la investigación con profesores de asignatura del CCH, revisaremos críticamente tanto las concepciones sobre la evaluación que existen entre los profesores, como los métodos que utilizan para llevarla a cabo. Asimismo, revisaremos los puntos de vista sobre evaluación que prevalecen en la comunidad docente e investigadora en *didáctica de las ciencias* tanto de autores que sostienen una evaluación coherente con un aprendizaje de las ciencias como investigación, como de aquellos que la conciben como un proceso de autorregulación.

### **3.1. VISIÓN DE LOS PROFESORES DEL BACHILLERATO DEL CCH SOBRE LA EVALUACIÓN.**

Hemos podido constatar que las nuevas formas para realizar la evaluación que se proponen en los programas actualizados del CCH han sido causa de una gran preocupación para los enseñantes. Sin embargo, pudimos observar, en un curso de formación de profesores que impartimos recientemente, que las inquietudes de los docentes se centran únicamente en aprender a manejar los nuevos instrumentos que se proponen en el currículo. Sin embargo, nosotros consideramos que los cambios no se pueden reducir a una simple introducción de nuevas formas de plantear las actividades de evaluación y que *en la medida en que los profesores se apropien del sentido que tiene la evaluación en la perspectiva constructivista de la didáctica de las ciencias*, podrán realizar modificaciones en sus modelos de evaluación.

Los resultados de la investigación con profesores de asignatura del CCH Plantel Sur, a la que hemos venido haciendo referencia, nos mostraron con claridad que en nuestra institución los sistemas de evaluación utilizados por muchos docentes no han correspondido ni siquiera a la naturaleza *activa y participativa* que fue recomendada, tanto por el *modelo del descubrimiento*, como por el llamado *modelo del Colegio*, sino que en las aulas se siguen aplicando formas de evaluación e instrumentos que corresponden más bien al modelo tradicional de *transmisión-recepción*. Además, pudimos constatar que los docentes tienen diversas ideas profundamente arraigadas sobre la evaluación, que corresponden a modelos tradicionales. Consideramos que estas ideas previas las han ido introyectando desde que fueron alumnos y las han reafirmado en su propia práctica docente, por lo que es posible prever que en la aplicación del plan de estudios actualizado, éste será el campo que más se resistirá a modificaciones o cambios.

Muchas cosas han evolucionado en la enseñanza en el CCH durante estos 25 años, pero no en el caso de los sistemas de evaluación, ni en la mentalidad de los profesores al respecto; por ejemplo, a nivel institucional se

siguen aplicando exámenes extraordinarios, centrados únicamente en la evaluación del conocimiento y conformados, en su mayoría, por preguntas de opción múltiple. Asimismo, una gran mayoría de profesores aplica exámenes para evaluar el desempeño de los alumnos al final de una unidad o ciclo de aprendizaje.

En la investigación citada, pudimos constatar, en primer lugar, que la generalidad de los profesores asocian la palabra evaluación con la idea de exámenes y calificaciones y consideran que *la función esencial de la evaluación es medir el aprendizaje y el aprovechamiento de los estudiantes*. Asimismo, la mayoría identifica a la evaluación como algo que debe darse al final de un proceso, para medir sus resultados.

Respecto a la utilidad de los exámenes, muchos profesores consideran que *los exámenes sirven para poner de manifiesto lo que el estudiante ha aprendido* y otros opinaron que *les ayuda a diferenciar entre los buenos y los malos estudiantes*.

Respecto al sistema que utilizan para evaluar a sus alumnos, así como las puntuaciones que le conceden a las diferentes actividades, consideran que *sus sistemas de evaluación son adecuados y objetivos*, pues son producto de una larga experiencia docente y *les permiten hacer una apreciación integral del desempeño de cada alumno*.

Sin embargo, la mayoría reconocieron que de las actividades de enseñanza aprendizaje que debe realizar un docente, *la que menos les gusta es la evaluación* pues, en el fondo, *temen cometer injusticias*, por lo que una de sus mayores aspiraciones como profesores, *es lograr un sistema de evaluación cada vez más objetivo que les permita ser mas justos y les ayude a discriminar con objetividad quién merece ser aprobado y quién no*.

La mayoría de profesores del área consideraron que *las materias científicas se prestan, por su naturaleza, a ser evaluadas con objetividad y precisión*, dado que los conocimientos a evaluar son, en su mayoría, objetivos, fijos y exactos. Por lo tanto, consideraron que según su experiencia, *para lograr una buena evaluación, es preferible aplicar exámenes con respuestas cerradas y evitar los de preguntas abiertas, ya que dificultan la objetividad*.

Sobre el tiempo que debe darse a los estudiantes para responder un examen consideraron, en su mayoría, que *el tiempo debe ser limitado y precisado a los alumnos antes de empezar*, pues *quien haya estudiado bien podrá contestar rápidamente, por lo que es inútil e injusto conceder más tiempo, ya que los alumnos nada más se dedican a copiar*.

En cuanto a las causas generales de la reprobación de los alumnos, los profesores atribuyeron los malos resultados obtenidos a las siguientes variables relacionadas con los alumnos: *Falta de estudio, bajo nivel de inteligencia; bajo nivel sociocultural, malas bases de la secundaria, problemas familiares, desatención en clase, falta de interés y disciplina, etcétera*.

Sólo unos cuantos profesores aceptaron que la causa de la reprobación o de la deserción, pudiera radicar en *una mala selección de las actividades de enseñanza*, y otros menos se refirieron a *la influencia de la relación profesor-alumno*.

Cuando se les preguntó, a qué variables se debe el fracaso de muchos estudiantes en las materias científicas, la gran mayoría contestaron que *no todos los estudiantes tienen aptitudes para estudiar materias científicas* y, en consecuencia con el razonamiento anterior, *consideraron como normal el hecho de que haya muchos reprobados en las materias de ciencias*.

Acerca de qué pensaban de aquellos profesores de materias científicas que aprobaban a una gran cantidad de alumnos respondieron, *que seguramente eran muy flojos, que nunca iban y así se congraciaban con los alumnos*.

Con respecto a la forma que utilizan para corregir trabajos y tareas, algunos profesores reconocieron que *no tenían tiempo de revisarlos en profundidad*, por lo que *solamente les ponían alguna marca que denotara cumplimiento*, como *Rev.*, o una firma, o una "paloma", o una *calificación apreciativa global*. Solamente algunos profesores dijeron que *siempre les anexaban a los trabajos comentarios escritos, con el fin de comunicar a cada alumno tanto sus errores, como sus aciertos*.

Consideramos que todas las concepciones sobre evaluación detectadas en esta investigación, se apoyan mutuamente y responden al modelo de transmisión-recepción que las ha originado, y que los profesores han hecho suyas, poco a poco, a lo largo de toda su vida. Sin embargo, aunque consideramos que es difícil cambiar estas concepciones tan arraigadas de los profesores, no es algo imposible, pues creemos que la formación de profesores, y la puesta en práctica de las propuestas de los nuevos programas de estudio del CCH, poco a poco traerán como consecuencia un cambio en las formas de concebir y practicar la evaluación.

Para favorecer estos cambios consideramos que los profesores habrán de tomar conciencia sobre tres puntos fundamentales relacionados con la evaluación:

- a) Las deficiencias e incongruencias de los modelos tradicionales de evaluación y de la forma como sirven de obstáculo para impedir cualquier cambio.
- b) La necesidad de ajustar nuestro modelo de evaluación a las nuevas orientaciones de la didáctica de las ciencias, como una de las condiciones esenciales para mejorar la efectividad de la enseñanza de las ciencias en el bachillerato.
- c) Un cambio en el modelo de evaluación, no podrá darse aislado, sino que forzosamente será consecuencia de otros cambios en los demás aspectos que definen el proceso enseñanza-aprendizaje, como son la planeación, la selección de actividades, las relaciones que se viven en el aula, etcétera.

### 3.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

Dentro de la perspectiva constructivista de la didáctica de las ciencias, las modalidades de la evaluación se clasifican de acuerdo con el momento en que se realizan y el objetivo que se persigue:

*La evaluación inicial*, que tiene como finalidad obtener información sobre los conocimientos, las concepciones previas, hábitos, actitudes, etcétera, de cada estudiante al inicio de un tema o curso, para poder ajustarlo a sus necesidades.

*La evaluación formativa*, que tiene como finalidad fundamental una función reguladora del proceso didáctico para hacer posible que los medios de formación respondan a las características del que aprende. Tiende esencialmente a identificar cuáles son las dificultades del aprendizaje, más que a considerar los resultados alcanzados.

*La evaluación sumativa*, que tiene por objetivo establecer balances y medidas fiables de los resultados obtenidos al final de un proceso de enseñanza-aprendizaje, con la función social de asegurar que las características de los estudiantes, respondan a las exigencias del sistema. Sin embargo, su principal función es también formativa, ya que debe ser utilizada por el docente para conocer si los alumnos han adquirido los conocimientos previstos, o bien para determinar aquellos aspectos que debería modificar en su curso.<sup>50</sup>

#### LA EVALUACIÓN FORMATIVA EN LA ORIENTACIÓN CONSTRUCTIVISTA.

Para la didáctica de las ciencias la evaluación formativa es uno de los componentes más importantes del diseño curricular y, como veremos más adelante, desde esta corriente se puede afirmar que *enseñar, aprender y evaluar son tres procesos inseparables*. Este es uno de los aspectos que diferencian al modelo constructivista, de los basados en la transmisión o en el descubrimiento.

En efecto, desde la perspectiva de enseñanza tradicional o de transmisión-recepción en la que el profesor básicamente *explica* la clase, o propone la lectura del libro de texto o de otras lecturas, la visualización de videos, etcétera, la evaluación tiene la función de obtener información sobre lo que han asimilado al final del proceso expositivo.

Desde una perspectiva de enseñanza basada en el descubrimiento, en la que se supone que el estudiante básicamente construye sus conocimientos a partir de las observaciones y de los datos que le proporciona la

<sup>50</sup> De la Cruz, A. "Evaluación del conocimiento y su adquisición." *Material de formación de profesores del SADU del ICE*. 1996. Universidad Autónoma de Madrid. p. 8.

experimentación o la consulta de materiales bibliográficos, la evaluación sumativa tiene la función de obtener información sobre qué han descubierto o conocido al final del proceso didáctico.<sup>51</sup> Se presupone que el estudiante identificará los datos significativos y las informaciones que le proporcionan sus experiencias o sus lecturas, que las analizará lógicamente y que deducirá de allí los nuevos conocimientos. En este caso, la evaluación formativa tendrá el objetivo de identificar en qué aspectos el alumno acierta o se desvía del proceso de descubrimiento previsto por el profesor.

En cambio, desde una perspectiva constructivista, el aprendizaje se concibe de forma distinta. Se parte de la idea de que el conocimiento es una construcción fundamentalmente social que se realiza a través de un proceso en el que los modelos interpretativos iniciales de los individuos pueden evolucionar gracias a actividades que favorecen la explicitación de los propios puntos de vista y su contrastación con las de otros (sean los compañeros, el profesor o las provenientes de lecturas u otros medios de comunicación) y con la propia experiencia.<sup>52</sup>

Respecto a las funciones que cumple la evaluación en el proceso enseñanza-aprendizaje, la literatura sobre *didáctica de las ciencias* destaca tres aspectos importantes: La principal función de la evaluación es de carácter pedagógico o formativo, pues tiene la finalidad de ayudar a regular y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, mediante la aportación de información útil tanto al profesor, como al alumno. Otra función que se le asigna es la de selección y clasificación, que está dirigida a constatar o certificar ante la sociedad, que el alumno posee los conocimientos requeridos al final de una unidad de trabajo, de un curso, o de un período de formación. Los resultados se comunican al mismo alumno y a la propia institución escolar, a fin de certificar sus competencias para futuras actividades escolares o profesionales. Por último, se le concibe también como instrumento de mejora del currículum, incluyendo la valoración de los recursos didácticos empleados como los textos, los materiales didácticos, el clima del aula, etc. Es decir, tendría como función el ver en qué medida se ha favorecido o no el desarrollo curricular previsto.<sup>53</sup>

Diversas investigaciones realizadas en el ámbito de la *didáctica de las ciencias* han contribuido a la evidencia de que la evaluación no puede ser considerada como la medida objetiva y precisa de unos logros, dado que frecuentemente es únicamente la expresión de las expectativas, en gran medida subjetivas del profesor, o de

<sup>51</sup> Sanmartí, N. *Proyecto docente... Op cit.* pp. 225-226.

<sup>52</sup> Los siguientes cuatro párrafos están basados en la visión sobre la evaluación constructivista de: Jorba, J. y Sanmartí, N. "La función pedagógica de la evaluación" En: *Aula*. 1993, 20, pp. 20-30.

<sup>53</sup> Sanmartí, N. "Proyecto docente..." *Op cit.* p. 223.

la institución. Asimismo, sus autores han contribuido a demostrar que a pesar de la influencia que tiene sobre el futuro de los alumnos, está sujeta a muchos vicios, interpretaciones subjetivas y deformaciones.<sup>54</sup>

Respecto a la precisión y objetividad de las pruebas escritas, diversos estudios han mostrado que existen notables diferencias entre las puntuaciones dadas por distintos profesores a un mismo ejercicio.<sup>55</sup> Asimismo se ha demostrado que las notas que un mismo profesor da a un mismo ejercicio, en momentos diferentes, por ejemplo, tras un intervalo de tres meses, pueden sufrir grandes variaciones. Se ha mostrado la gran influencia de las apreciaciones subjetivas del profesor sobre cada uno de sus alumnos, en la calificación de sus pruebas, ya que a un mismo ejercicio se le asignan diferentes notas, dependiendo de si se trata de una alumna o alumno o si se trata de alguien a quien el profesor tiene concebido como "aplicado" o "flojo".<sup>56</sup> Estas investigaciones han cuestionado la supuesta precisión y objetividad de la evaluación mostrando hasta que punto las valoraciones están sometidas a prejuicios y a amplísimos márgenes de incertidumbre y que son muchos los aspectos que influyen en los profesores al evaluar.

En nuestra opinión, para poder llegar a explicitar los propios criterios de evaluación, es preciso reflexionar sobre el modelo de enseñanza que se pone en práctica y sobre el modelo de ciencia que se quiere promover en los estudiantes. En otras palabras, todo docente está obligado a reconocer cuáles son los objetivos que subyacen en la tarea que les propone a sus alumnos, qué es a lo que realmente le está dando importancia; si hay coherencia entre los criterios de evaluación y los procedimientos didácticos que utiliza y cuáles son los valores a partir de los que decide el contenido y los criterios de evaluación.

### LA EVALUACIÓN COMO AUTORREGULACIÓN.

En la perspectiva constructivista de la *didáctica de las ciencias*, otros autores amplían la visión anterior y proponen que la evaluación, y más aún, la autoevaluación y la co-evaluación, constituyen forzosamente el motor de todo el proceso de construcción del conocimiento. Constantemente el profesor y los que aprenden deben estar obteniendo datos y valorando la coherencia de los modelos expuestos y de los procedimientos que se aplican para obtenerlos y en función de ellos, tomar decisiones acerca de la conveniencia de introducir cambios en los mismos.

<sup>54</sup> Gil, D. *et al* *Formación del profesorado de las ciencias y de la matemática*. 1994. pp. 42-44.

<sup>55</sup> Hoyat, F. *Los exámenes*. 1962, Instituto de la UNESCO para la Educación. También en: López, N. *et al*. "Análisis de dos modelos evaluativos referidos a la Química". En: *Enseñanza de las ciencias*. 1989, 1 (1), pp. 21-25. Gil, D. "Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias". En: Calatayud, M. L. *et al*. *La construcción de las ciencias físicoquímicas*. 1987. pp. 70-74.

<sup>56</sup> Gil, D. "Los programas-guía...". *Op cit.* p. 225.

Muchas veces, no es el profesor quien da la información que el alumno precisa, como tampoco es el mismo estudiante quien *descubre* cuál es la información que necesita. Más bien, nos encontramos con un estudiante que va identificando lo que conoce, lo que observa y lo que dicen los demás, y toma decisiones sobre si le es útil incorporar los nuevos datos y las nuevas formas de razonar a su propio modelo. El profesor, por su parte, también evalúa qué sucede en el aula, cómo los estudiantes razonan y actúan, y toma decisiones sobre qué situaciones didácticas, qué actividades, qué propuestas plantea al grupo para facilitar una cierta evolución del pensamiento, de las actuaciones y de las actitudes de su alumnado.

Los alumnos parten, de un modelo inicial que va evolucionando a través del proceso didáctico aplicado, desde planteamientos generalmente sencillos, concretos y alternativos hasta puntos de vista más complejos, abstractos y acordes con los planteamientos de la ciencia actual. En el marco de este modelo de enseñanza, la evaluación y la autoevaluación formativa tienen la función de motor de la evolución o del cambio en el conocimiento. Sin autoevaluación del significado que tienen los nuevos datos, las nuevas informaciones, las distintas maneras de entender o de hacer, no habrá progreso. Sin evaluación de las necesidades del alumnado, no habrá tarea efectiva del profesorado. Por ello, se puede afirmar que *enseñar, aprender y evaluar son en realidad tres procesos inseparables*.

### LA EVALUACIÓN EN EL MODELO DE APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN.

Respecto a una evaluación coherente con los planteamientos constructivistas del aprendizaje como investigación, las siguientes reflexiones, tomadas de diversos trabajos publicados por los investigadores de la Universidad de Valencia, quienes se han destacado por sus colaboraciones en el ámbito de la *didáctica de las ciencias* en el campo de la evaluación, nos permitirán un acercamiento a sus funciones y a las formas de integrarla en el modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias como investigación.

Desde la concepción del aprendizaje como investigación, no es posible una evaluación que consista en un juicio terminal de la labor realizada por los alumnos. Por el contrario, si se pretende formar a investigadores novatos, el docente debe considerarse partícipe y corresponsable de los resultados del proceso enseñanza aprendizaje. La pregunta que debe hacerse, es sobre el tipo de ayuda que precisa cada alumno para seguir avanzando y alcanzar los resultados esperados. Para ello será necesario un seguimiento atento y una retroalimentación constante que reoriente e impulse las diferentes actividades. Según Gil, eso es lo que ocurre en los equipos de investigación que funcionan adecuadamente y es lo que debe suceder también en una enseñanza de las ciencias que pretende un aprendizaje creativo, orientado a la construcción de conocimientos y a la investigación.<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Gil D. y De Guzmán, M. *Enseñanza de las...* Op cit. p. 78.

En este modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, es muy importante la evaluación formativa, entendida como la posibilidad de que los alumnos cotejen sus ideas y sus tareas con las de otros compañeros y con las ideas de la comunidad científica, representada por el profesor o por el libro de texto. Los estudiantes deben sentir que su trabajo es valorado y recibir de su profesor la ayuda necesaria para seguir avanzando o para corregir sus errores.<sup>58</sup> Como afirman Genovard y Gotzens, *se trata de concebir y utilizar la evaluación como instrumento de aprendizaje que permita suministrar una retroalimentación continua a los alumnos y al profesor, contribuyendo a la mejora de la enseñanza.*<sup>59</sup>

Las características que debe reunir la evaluación para que se convierta en un instrumento de aprendizaje como investigación, son las siguientes:<sup>60</sup>

Una primera característica que ha de poseer la evaluación para jugar un papel orientador e impulsador del trabajo de los alumnos, *es que ellos la perciban como ayuda real, generadora de expectativas positivas.* Para lograrlo, el profesor debe mostrar a sus alumnos un verdadero interés por su aprendizaje y convencerlos de que pueden hacer bien las cosas. Será preciso hacer una planeación de actividades muy puntual desde el inicio del curso, presentando a los alumnos tareas simples a un ritmo pausado; será importante, asimismo, que se revisen cuidadosamente los requisitos para el curso y que se ayude a los alumnos que muestren problemas en su aprendizaje, de manera que éstos no lleguen a convertirse en obstáculos. El profesor deberá estar convencido y convencer a los alumnos, que no deben preocuparse por los resultados insatisfactorios del principio, pues sirven para detectar las insuficiencias que deben cubrirse. Asimismo, se podrá ayudar a los alumnos rezagados, mediante ejercicios extraordinarios y nuevas oportunidades, hasta que logren los progresos esperados. También se puede pedir ayuda para ponerlos al corriente, de otros compañeros más aventajados. Algunos profesores pueden pensar que esto es una pérdida de tiempo y que va en detrimento del resto de los alumnos, pero en realidad no es tal, pues con el tiempo se produce un progreso global favorable *también* para los alumnos mejor preparados. Todo esto, por supuesto, debe ser explicado a todo el grupo para evitar problemas y transmitir expectativas positivas a todos.

Una segunda característica que ha de poseer la evaluación para que pueda jugar su función de instrumento de aprendizaje es *no limitarla a los aspectos conceptuales, sino extenderla a los procedimientos y actitudes,* pues es preciso romper con la habitual costumbre de evaluar, solamente los conocimientos teóricos a través de pruebas escritas, mismas que no representan mucho trabajo para el profesor, ya que permiten una medida fácil y rápida. Se trata de ajustar la evaluación, entendida como seguimiento y retroalimentación, al logro de los cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales que la educación científica exige.

---

<sup>58</sup> *Idem.*

<sup>59</sup> Genovard, C. y Gotzens, C. *Psicología de la...* Op cit. pp. 187-188.

<sup>60</sup> Alonso, M. et al. *Evaluar no es calificar.* 1996. pp. 4-5. Fotocopiado.

Es necesario romper, por lo menos al interior del aula, con la concepción de la evaluación como calificación y como juicio de los alumnos y extender su acepción al seguimiento de una tarea colectiva en la que todos deben incidir positivamente, por lo que se tomarán en cuenta para evaluar, aspectos como el ambiente de trabajo de la clase, el funcionamiento de los pequeños equipos, las intervenciones del profesor, etcétera.

Por otra parte, es preciso no olvidar, a la hora de fijar los criterios, que *sólo aquello que es evaluado es percibido por los alumnos como realmente importante*, por lo que deberá valorarse, además de los exámenes, todo aquello que los alumnos hagan, desde un cartel confeccionado en equipo, hasta el cuaderno personal de clase. Para fomentar la autonomía debe tomarse en cuenta en forma especial, *la participación de los alumnos en la autorregulación de su propio proceso de aprendizaje*,<sup>61</sup> dándoles oportunidad de reconocer y valorar sus avances, de rectificar sus ideas iniciales, de aceptar el error como inevitable en el proceso de construcción de conocimientos. Ello no quiere decir que se dé menos importancia a los conocimientos y destrezas que cada alumno debe adquirir; por el contrario, se trata de favorecer al máximo dicha adquisición y *cada uno de los alumnos debe tener ocasión de percibir su avance personal*. Más adelante haremos algunas sugerencias para lograr esto.

Por último, si aceptamos que el papel fundamental de la evaluación es incidir positivamente en el proceso de aprendizaje, es preciso concluir que *deberá realizarse a lo largo de todo el curso* y no habrá de reducirse a valoraciones terminales. Esto no significa hacer varios exámenes parciales, tras periodos más breves de aprendizaje, para terminar obteniendo una calificación acumulativa, lo cual acentuaría la idea de que no se estudian las cosas para adquirir unos conocimientos útiles e interesantes, sino para pasar unas pruebas. Lo que debe hacerse, por el contrario, es *integrar las actividades de evaluación a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje* con el fin de lograr verdaderamente una evaluación formativa, dando la retroalimentación adecuada a los alumnos y adoptando las medidas correctivas necesarias, tanto en aspectos que correspondan al profesor, como en los que se refieran a los alumnos. Asimismo, teniendo en cuenta la probabilidad del olvido, es importante *planificar revisiones o profundizaciones de aquello que el profesor considere realmente importante* para que los alumnos afiancen dichos conocimientos aunque ello signifique reducir los temas del programa, y eliminar aquellos que, de todas formas, serían mal aprendidos y olvidados muy rápidamente.<sup>62</sup>

Revisadas las características que debe tener la evaluación en la orientación constructivista, conviene ahora detenernos a considerar algunas maneras concretas de realizarla.

<sup>61</sup> Linn, M. "Establishing a research...". *Op cit.* pp. 191-216. También en: Sanmartí, N. y Jorba, J. "Autorregulación de los aprendizajes y construcción de conocimientos". En: *Alambique*. 1993, 4, pp. 70-77.

<sup>62</sup> Colombo De Cudmani, L. *et al.* "La realimentación en la evaluación en un curso de laboratorio de Física". En: *Enseñanza de las ciencias*. 1986, 4 (2), pp. 122-128.

## PROPUESTA DE ALGUNAS ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN FAVORECEDORAS DEL APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN.

La orientación constructivista del aprendizaje de las ciencias, *propone evaluar sobre la marcha el proceso de aprendizaje*. La evaluación debe producirse, además, en un contexto de trabajo colectivo, que no da lugar a la ansiedad y nerviosismo que caracterizan al ambiente de un examen. Esta orientación permite que toda actividad realizada en clase por los alumnos constituya una ocasión para seguir de cerca su trabajo, para detectar las dificultades que enfrenta, los progresos que va realizando, etcétera. Esto no excluye, sin embargo, la necesidad de hacer pruebas individuales que permitan constatar el resultado del aprendizaje de cada uno de los alumnos y obtener información para, si fuera el caso, reorientar su aprendizaje. Para este fin, resulta muy conveniente la realización de alguna pequeña prueba en la mayoría de las clases sobre algún aspecto importante que se haya venido trabajando. Esto permitirá impulsar el trabajo diario y comunicar seguridad en el propio esfuerzo. También servirá para dar información al profesor y a los alumnos sobre los progresos existentes y sobre los problemas que pueda haber en el aprendizaje, haciendo posible incidir inmediatamente sobre ellos. Conviene informar a los alumnos de sus resultados a la mayor brevedad y discutir con ellos las respuestas, para decidir si se está en posibilidades de seguir adelante. Se favorece así la participación de los alumnos en la valoración de sus propios ejercicios, es decir, su autorregulación, pudiéndose aprovechar también la discusión como introducción al trabajo del día, o del tema siguiente, con lo que se centra la atención de los alumnos de una forma particularmente efectiva.<sup>63</sup>

Esta serie de pruebas diarias, permitirá reunir un número elevado de resultados de cada alumno, reduciendo sensiblemente los errores de una evaluación única. Su contenido, y el de toda la evaluación, deberá extenderse a todos los aspectos conceptuales y a los de adquisición tanto de procedimientos como de actitudes en el aprendizaje de las ciencias.

Pese al interés y efectividad de estas pequeñas pruebas, consideramos que también los exámenes o pruebas más extensas siguen siendo necesarios pero vistos, no como un instrumento de calificación de los alumnos, sino como un ejercicio global, que tiene la virtud de formar al alumno para enfrentar tareas complejas y para poner en juego todos sus conocimientos sobre un tema.<sup>64</sup> Este examen global se transforma en una ocasión privilegiada de aprendizaje si se cumplen las siguientes condiciones:

En primer lugar debe incluir actividades coherentes con un aprendizaje por construcción de conocimientos como análisis cualitativos de situaciones abiertas, tratamiento de las relaciones *ciencia-técnica-sociedad*; construcción y fundamentación de hipótesis, interpretación de resultados de un experimento, etcétera.

<sup>63</sup> Alonso, M. *et al.* "Actividades de evaluación coherentes con una propuesta de enseñanza como investigación: actividades de autorregulación e interregulación". En: *Enseñanza de la física*. 1995, 8 (2).

<sup>64</sup> Alonso, M. *et al.* "Evaluar no es...". *Op cit.* p. 6.

En segundo lugar, es también necesario que el examen se devuelva corregido en el menor tiempo posible, y que se discutan, una por una, las respuestas, los errores aparecidos, la persistencia de preconcepciones, etcétera. Los alumnos, con su examen en mano, se mantendrán receptivos y participativos como nunca en estas sesiones que constituyen actividades de autorregulación muy eficaces.

Es muy conveniente, después de la discusión, que alumnos contesten de nuevo el examen con todo cuidado y vuelvan a entregarlo. Ello contribuye muy eficazmente a afianzar lo aprendido. Será también conveniente, en los días siguientes volver a hacer ejercicios sobre los puntos que hayan presentado más dificultades.

Es también necesario que las condiciones de realización del examen sean compatibles con lo que supone una construcción de conocimientos, dando cabida a exámenes colectivos con la posibilidad de consultar el libro o los apuntes, y dar suficiente tiempo para dar oportunidad de tentativas, rectificaciones, etcétera.

Vale la pena insistir en que la evaluación debe abarcar todas las actividades realizadas por los alumnos, desde la construcción de un instrumento, hasta sus notas de clase y no limitarse solamente a pruebas o exámenes. Se contribuye así a la motivación de los estudiantes, al ver reconocidos todos sus esfuerzos y, por otro lado, se dispone de una mayor información para valorar y orientar adecuadamente el aprendizaje de los alumnos.

Por último, es preciso señalar, que aunque esta concepción de la evaluación representa un indudable progreso para el aprendizaje, resulta insuficiente si no se utiliza también como un instrumento de mejora de la enseñanza dado que, con mucha frecuencia los errores del proceso de enseñanza-aprendizaje no se deben exclusivamente a fallas de los alumnos, sino de los profesores. Si realmente se pretende hacer de la evaluación un instrumento de seguimiento y mejora del proceso, la evaluación ha de permitir a los alumnos, incidir en los comportamientos y actitudes del profesorado. De esta forma aceptarán mucho mejor la necesidad de la evaluación, que aparecerá realmente como un instrumento de mejora de la actividad colectiva y no solamente de la de los alumnos.<sup>65</sup>

Por otra parte, conviene recordar que la idea de un aprendizaje de las ciencias como investigación, se concreta en un currículo en forma de programas de actividades diseñados para que los alumnos puedan construir conocimientos y adquirir destrezas y actitudes. Nada garantiza, sin embargo, que las actividades diseñadas sean adecuadas y conduzcan a los resultados previstos. Será necesario, por tanto, que la evaluación se extienda a los programas de actividades, la cual deberá ser tarea e investigación colectiva del profesorado de la asignatura.<sup>66</sup>

<sup>65</sup> Gil, D. y Guzmán, M. *Enseñanza de las...* *Op cit.* pp. 81-83.

<sup>66</sup> Gil, D. *La investigación en el aula de física y química.* 1992. p. 23-28. Opiniones similares se encuentran también en: Driver, R. y Oldham, V. "A constructivist...". *Op cit.* pp. 115-118.

## 4. CÓMO LOGRAR EL TRABAJO COOPERATIVO.

La forma de manejar el trabajo de los alumnos en el aula en el modelo de transmisión-recepción consistía en un profesor que transmitía información, mientras un conjunto de alumnos escuchaban silenciosos. Esta práctica es absolutamente distinta de la que propone el modelo de enseñanza-aprendizaje constructivista, en la que se *promueve que los estudiantes hablen, discutan, pregunten, trabajen en grupo, seleccionen lecturas, etcétera*. Hay que tener en cuenta que esto comporta ruido y desorden aparente, dos de las situaciones más temidas por los profesores, a quienes les gusta controlar todo lo que sucede en el aula. Sin embargo, si se quiere promover que los profesores apliquen metodologías dirigidas a favorecer la autorregulación del alumnado, será importante que tomen conciencia de la necesidad de *construir un entorno de aprendizaje que fomente un ambiente que facilite la verbalización de las ideas, el intercambio y confrontación de puntos de vista, el respeto mutuo, la capacidad de escucha y la elaboración de propuestas concertadas*.

### 4.1. VISIÓN DE LOS PROFESORES DEL BACHILLERATO DEL CCH.

De la investigación con profesores de asignatura que hemos venido trabajando, llegamos a las siguientes conclusiones, en relación con este tema.

Muchos docentes manifestaron que no se sienten seguros ante actividades abiertas, como las propuestas en los nuevos programas, *pues no saben exactamente cómo terminarán, ni si serán capaces de manejar actividades en las que ellos mismos no son expertos*. Asimismo, asocian la aplicación de las nuevas actividades a consecuencias indeseables, como la pérdida de tiempo y el desorden.

Los profesores valoran, en general, el trabajo en grupo o en equipo, pero reconocen, *que es uno de los que plantean mayores dificultades al profesorado* y que a pesar de los años que lo han aplicado, *no saben cómo superar los problemas que conlleva*. Consideran, sin embargo, *que el trabajo en grupo es necesario en la realización de actividades en las que se requiere necesariamente la colaboración de varios alumnos*, como seminarios, confección de periódicos murales, o exposiciones que requieran información sobre diversos temas. *El trabajo experimental lo consideran entre las actividades colectivas necesarias*, ante la imposibilidad de disponer de material para todos.

Entre los principales problemas que conlleva el trabajo en grupo o en equipo, los profesores dijeron que *es muy difícil evaluar la participación de cada alumno, por lo que acostumbran poner una calificación general* -que usualmente los deja insatisfechos- o bien, *prefieren darle al trabajo en equipo poco valor en la calificación final*. *No hay silencio en el aula, se observa un cierto desorden, algunos de los grupos tienen problemas para*

*organizarse, unos estudiantes no hacen nada y son parásitos de otros, copian, hablan entre ellos de temas alejados del objetivo del trabajo, etcétera.*

Entre las cualidades y ventajas del trabajo en grupo que la mayoría de profesores reconocieron, están las siguientes: *Permite que cada estudiante aprenda a integrarse en un grupo, a compartir las actividades y tareas, a coordinar sus esfuerzos con los de los demás, a encontrar vías para solucionar problemas y a asumir responsabilidades.*

#### **4.2. VISIÓN DE LA COMUNIDAD DOCENTE E INVESTIGADORA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS SOBRE EL TRABAJOCOOPERATIVO.**

Diversas referencias que hemos venido analizando, indican que la situación de aprendizaje constructivista es, fundamentalmente, una situación social de comunicación y un lugar de interacción, tanto entre profesorado y alumnado, como entre los alumnos entre sí, alrededor de una tarea o de un contenido específico.

En las situaciones escolares, la toma de conciencia por parte de cada alumno de la necesidad de autorregulación de su aprendizaje se produce, fundamentalmente, en el marco de las diversas interacciones sociales que tienen lugar en el aula. La socialización está en el origen del desarrollo cognitivo de los individuos y, según Vygotsky toda función superior aparece en primer lugar en el plano interpersonal antes de pasar al plano intrapersonal, fundamentalmente, a través del lenguaje.<sup>67</sup>

La variedad de puntos de vista de los alumnos, puede ser una fuente de riqueza en el aula. Diversos autores han aportado datos experimentales que ponen de manifiesto que *el desarrollo y la evolución conceptual se favorecen cuando hay divergencia entre los individuos.* Cuando ante una misma situación, hay diferentes opiniones o enfoques, debidos a los diversos niveles de desarrollo de los individuos que interactúan en una tarea, se producen, la mayoría de las veces, interacciones y regulaciones sociales que favorecen la coordinación de las diferentes perspectivas y su integración en esquemas más generales.<sup>68</sup>

Como hemos indicado anteriormente, también desde la epistemología de la ciencia, se constata la necesidad de la regulación social. En los estudios realizados sobre la génesis del conocimiento científico se incide en la importancia del papel que, en la construcción de modelos y teorías, tienen las discusiones entre científicos. Duschl llega a afirmar que *si no hubiera diversidad de opiniones en el aula, debería provocarse, ya que sin puntos de vista diferentes no es posible construir conocimientos.* Considera que *en todo proceso de enseñanza-*

<sup>67</sup> Vygotsky, L. S. (1935). *Pensamiento y Lenguaje*. Primera reimpresión 1994. México Ediciones Quinto Sol p. 123.

<sup>68</sup> Sanmartí, N. "La atención a la diversidad en las clases de ciencias, ¿Fuente de problemas o fuente de riqueza?". En: *Aula Innovación educativa*. 1994, p. 18.

*aprendizaje es necesario, además de producir diferentes puntos de vista, promover que las diferencias sean explicadas y discutidas, para reducir el número de divergencias en la discusión, y poder aplicar los nuevos puntos de vista ya consensuados.* <sup>69</sup>

A nuestro modo de ver, uno de los elementos clave del proceso de aprendizaje en la orientación constructivista, es la comunicación entre los actores de la situación didáctica para favorecer la discusión de los diferentes puntos de vista con la finalidad de llegar a una concertación. Ello implica la necesidad de promover situaciones de aprendizaje que favorezcan la verbalización de las propias formas de pensar y de actuar, y permitan la explicitación de las diversas representaciones y la contrastación entre ellas, lo que puede conllevar su evolución y mejora.

Por su importancia en las clases de ciencias, recogemos como propuesta algunos lineamientos importantes de la corriente moderna llamada *aprendizaje en grupos cooperativos*, que está siendo aplicada con éxito en países como Estados Unidos y Canadá.

El aprendizaje cooperativo es una técnica de manejo de grupos, en la que deben formarse los profesores a fin de dominarla, que tiene como fin promover relaciones cooperativas entre los estudiantes. Tiene dos componentes esenciales: Los estudiantes trabajan juntos para alcanzar una tarea común y, al mismo tiempo, adquieren la habilidad de establecer relaciones interpersonales positivas. Los principales elementos del trabajo cooperativo son:

- Existe una Interdependencia positiva entre los miembros del grupo.
- Se respeta la autonomía del grupo.
- Los integrantes del grupo adquieren patrones de convivencia social.
- Se establece un proceso grupal.
- Cada persona es importante y el liderazgo se turna. <sup>70</sup>

El aprendizaje cooperativo tiene diversas dimensiones importantes:

- Es competitivo, dado que se establecerá una sana competencia, pues cada equipo querrá ser el mejor frente a los otros equipos.
- Es autorregulado, pues cada quien deberá ser responsable de su propio trabajo y controlar su aprendizaje.

<sup>69</sup> Duschl, R. "Beyond cognition...". *Op cit.* p.15.

<sup>70</sup> Bilash, O y Chastko, A. *Cooperative learning*. 1991. pp. 1-16.

- Es cooperativo, en el sentido de que cada equipo solamente alcanzará sus metas, si todos sus miembros cooperan para ello.<sup>71</sup>

Trowbridge y otros autores, afirman que durante los períodos formativos, la lógica es como una *moral del pensamiento*, impuesta y sancionada por los demás. La cooperación es lo que permite sobrepasar las intuiciones egocéntricas iniciales y tener un pensamiento móvil y coherente. Es difícil que se adquieran hábitos intelectuales rígidos y estereotipados cuando hay la obligación de tener en cuenta otros puntos de vista, además de los propios, y de establecer relaciones entre los propios pensamientos y los de los compañeros. Todo ello comporta que el trabajo en grupo cooperativo -en equipos pequeños primero, y en grupos más grandes después- favorezca a todo tipo de estudiantes, tanto a los que tienen dificultades de aprendizaje, como a los que no. A los primeros, porque el pequeño grupo les facilita la expresión de sus dudas y puntos de vista, cosa difícil en el marco del gran grupo; a los segundos, porque la necesidad de explicitar los propios razonamientos obliga a concretarlos y desarrollarlos de manera lógica, escogiendo las palabras más adecuadas. Es bien sabido que sólo se es capaz de explicar algo a los demás cuando está bien aprendido.<sup>72</sup>

Consideramos que con el aprendizaje cooperativo se facilita al mismo tiempo el trabajo del profesorado. En el pequeño grupo tiene lugar un proceso de regulación de muchas de las dificultades de sus componentes, por lo que al profesor sólo le llegan los problemas que el grupo no ha sabido resolver. No hay duda de que el trabajo en grupo debe combinarse con el trabajo individual y con el trabajo en gran grupo, por lo que un buen manejo del trabajo en el aula exige saber combinar adecuadamente estos tres tipos de organización del trabajo.<sup>73</sup>

Las condiciones de la cooperación se cumplen en un grupo, cuando cada integrante del mismo es capaz de comprender los puntos de vista de los demás y adaptar su propia acción o contribución verbal a la de los otros. Se ha comprobado que el estudiante razona con más lógica cuando discute con otros. Frente a los demás, lo primero que se busca es evitar la contradicción aunque también existe una preocupación por demostrar la objetividad, de las propias palabras e ideas.<sup>74</sup>

Para finalizar diremos, que desde nuestra perspectiva, el mayor valor y la mayor dificultad del intercambio intelectual en un grupo, consiste en poner a un alumno frente a puntos de vista diferentes del suyo. Para que la discusión sea posible, es necesario que cada participante comprenda el punto de vista ajeno. En cambio, según nuestra experiencia, en las discusiones en grupo grande, es difícil que este esfuerzo de comprensión se produzca ya que, en general, las discusiones son conducidas por el profesor, y el alumno sabe que sus

<sup>71</sup> *Ídem.*

<sup>72</sup> Trowbridge, L. et al. *Becoming a secondary school science teacher*. 1990. pp. 98-99.

<sup>73</sup> *s/a Cooperative learning workshop module 8*. 1995. pp. 1-4.

<sup>74</sup> Trowbridge, L. et al. *Becoming...Op cit.* pp. 306.

Intervenciones serán sólo etapas que conducirán al momento en que el profesor explique cuál es la interpretación correcta. Por ello, la mayoría de estudiantes no *activan* su mente, ni participan, cuando se trata de discusiones en grupo grande, ya que sólo esperan identificar la *verdad* del profesor. De aquí la necesidad de fomentar las discusiones en grupos pequeños, de tres o cuatro personas, situación en la que un grupo de iguales, viéndose cara a cara y sintiéndose en confianza, trabajan por encontrar en común una verdad.

## CAPÍTULO VII

### PROPUESTAS PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

En este último capítulo, analizaremos los retos para la formación de profesores en nuestro bachillerato y concretaremos la revisión de las tendencias innovadoras en la enseñanza de las ciencias que hemos realizado en este trabajo, en la presentación de tres propuestas para la formación de los docentes de las asignaturas científicas del CCH. Asimismo, sintetizaremos algunas ideas centrales sobre la *didáctica de las ciencias* como conclusión y apuntaremos, por último, las perspectivas de la presente investigación.

#### 1. RETOS PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES EN EL BACHILLERATO DEL CCH

Ante la perspectiva de la modificación del plan y los programas de estudio del bachillerato, el campo de la formación de profesores se visualiza como la piedra angular del desarrollo de la institución. En esta tarea habrán de invertirse esfuerzos extraordinarios, si se desean concretar en la práctica, los propósitos curriculares. Con respecto al área de ciencias experimentales la formación de profesores se aprecia como apremiante, debido a que los programas actualizados demandan que los docentes reconozcan, no sólo los puntos de vista actuales sobre la enseñanza de las ciencias, sino que se capaciten para enfrentar la complejidad de la intervención pedagógica que se requiere para propiciar la construcción del conocimiento por los alumnos. En este sentido resulta imprescindible que se brinde a los profesores la oportunidad de reflexionar, tanto las ideas que sustentan los cambios curriculares, como la orientación metodológica de los nuevos programas, pues como afirma Gimeno, *aunque se den nuevas directrices y orientaciones a los programas desde órganos de dirección*

*educativa, no se producirán más cambios en la práctica, que aquéllos derivados de una convicción interna de los profesores al identificarse con los nuevos objetivos, por medio de la formación.*<sup>1</sup>

Enseñar en la perspectiva de la didáctica de las ciencias supone que los profesores cubran un cierto perfil y desempeñen con calidad diversas tareas. En este sentido será necesario, además de tener un dominio suficiente de la materia a enseñar, conocer cómo aprenden y construyen el conocimiento los alumnos, diseñar los programas de actividades para alcanzar este fin, saber cómo evaluar los esfuerzos y logros de los alumnos y conocer cómo debe manejarse el grupo para lograr un aprendizaje cooperativo y significativo. Lo anterior demanda una nueva construcción didáctica de la asignatura, que resulte de conjugar, en el aula, los conocimientos teórico-prácticos, con otros provenientes de los ámbitos de la pedagogía, de la psicología, de la sociología, etcétera, en el marco del programa institucional que guía la acción. Todo ello demanda, como es evidente, un esfuerzo institucional significativo en la formación del profesorado.<sup>2</sup>

Por otro lado, para atender las nuevas expectativas curriculares referidas a los alumnos, los profesores deberán tener en cuenta que se busca que los jóvenes se formen un concepto propio de lo que es la ciencia, no solamente entendida como cuerpo de conocimientos, sino como una manera de pensar sobre el mundo y de construir explicaciones sobre el mismo. Los docentes han de ayudar a los alumnos a acercarse progresivamente a los conceptos científicos, animándolos a plantearse preguntas, a formular explicaciones sobre los fenómenos y a verificarlas, poniendo en juego, tanto sus recursos personales, como su interés y creatividad.<sup>3</sup> Todas estas expectativas también reclaman una formación conceptual y metodológica muy sólida del profesorado.

Asimismo, de acuerdo con la nueva orientación constructivista para la enseñanza, el profesor deberá poner especial atención a las ideas que sus alumnos manifiesten frente a los fenómenos en estudio, ayudándolos a evolucionar dichas ideas hacia teorías científicas más elaboradas; inclusive, será preciso en muchos casos, conseguir que el alumno desarrolle una cierta insatisfacción ante sus creencias, que lo impulse a buscar una concepción más científica y evolucionada de la realidad. Cada profesor deberá reconocer y asumir su papel de mediador entre los conocimientos del alumno y los conocimientos científicos y deberá intervenir, como dice Wertsch, *construyendo y negociando con los alumnos, un marco de significados mediante los cuales ambas partes se esfuerzan en construir otros significados más elaborados.*<sup>4</sup> Esta novedosa y compleja tarea, no podrá lograrse si no media un esfuerzo de formación docente de alta calidad.

<sup>1</sup> Gimeno, J. *La enseñanza, su teoría y su práctica.*, pp. 29-31

<sup>2</sup> Furió, C. 1995. "Tendencias actuales en la formación del profesorado" en *Enseñanza de las ciencias* 12 (2) pp. 188-199.

<sup>3</sup> *Idem.*

<sup>4</sup> Wertsch, J.V. *Vigotsky y la Formación social de la mente.* p. 34-35.

*educativa, no se producirán más cambios en la práctica, que aquéllos derivados de una convicción interna de los profesores al identificarse con los nuevos objetivos, por medio de la formación.*<sup>1</sup>

Enseñar en la perspectiva de la didáctica de las ciencias supone que los profesores cubran un cierto perfil y desempeñen con calidad diversas tareas. En este sentido será necesario, además de tener un dominio suficiente de la materia a enseñar, conocer cómo aprenden y construyen el conocimiento los alumnos, diseñar los programas de actividades para alcanzar este fin, saber cómo evaluar los esfuerzos y logros de los alumnos y conocer cómo debe manejarse el grupo para lograr un aprendizaje cooperativo y significativo. Lo anterior demanda una nueva construcción didáctica de la asignatura, que resulte de conjugar, en el aula, los conocimientos teórico-prácticos, con otros provenientes de los ámbitos de la pedagogía, de la psicología, de la sociología, etcétera, en el marco del programa institucional que guía la acción. Todo ello demanda, como es evidente, un esfuerzo institucional significativo en la formación del profesorado.<sup>2</sup>

Por otro lado, para atender las nuevas expectativas curriculares referidas a los alumnos, los profesores deberán tener en cuenta que se busca que los jóvenes se formen un concepto propio de lo que es la ciencia, no solamente entendida como cuerpo de conocimientos, sino como una manera de pensar sobre el mundo y de construir explicaciones sobre el mismo. Los docentes han de ayudar a los alumnos a acercarse progresivamente a los conceptos científicos, animándolos a plantearse preguntas, a formular explicaciones sobre los fenómenos y a verificarlas, poniendo en juego, tanto sus recursos personales, como su interés y creatividad.<sup>3</sup> Todas estas expectativas también reclaman una formación conceptual y metodológica muy sólida del profesorado.

Asimismo, de acuerdo con la nueva orientación constructivista para la enseñanza, el profesor deberá poner especial atención a las ideas que sus alumnos manifiesten frente a los fenómenos en estudio, ayudándolos a evolucionar dichas ideas hacia teorías científicas más elaboradas; inclusive, será preciso en muchos casos, conseguir que el alumno desarrolle una cierta insatisfacción ante sus creencias, que lo impulse a buscar una concepción más científica y evolucionada de la realidad. Cada profesor deberá reconocer y asumir su papel de mediador entre los conocimientos del alumno y los conocimientos científicos y deberá intervenir, como dice Wertsch, *construyendo y negociando con los alumnos, un marco de significados mediante los cuales ambas partes se esfuerzan en construir otros significados más elaborados.*<sup>4</sup> Esta novedosa y compleja tarea, no podrá lograrse si no media un esfuerzo de formación docente de alta calidad.

<sup>1</sup> Gimeno, J. *La enseñanza, su teoría y su práctica.*, pp. 29-31

<sup>2</sup> Furió, C. 1995. "Tendencias actuales en la formación del profesorado" en *Enseñanza de las ciencias* 12 (2) pp. 188-199.

<sup>3</sup> *Idem.*

<sup>4</sup> Wertsch, J.V. *Vigotsky y la Formación social de la mente.* p. 34-35.

Es preciso, además, que los profesores comprendan la actual finalidad de la enseñanza de las ciencias en el bachillerato, donde ya no se buscará enseñar *con el fin de preparar adecuadamente a algunos alumnos que estudiarán carreras científicas, sino de enseñar una ciencia para todos.*<sup>5</sup> En ese sentido, cada uno de nuestros alumnos tiene derecho a acceder a los conocimientos científicos que se requieren para comprender los problemas de la vida cotidiana.<sup>6</sup> Este enfoque afecta muy directamente a la toma de decisiones del profesor, respecto a lo que es importante enseñar y respecto a cómo evaluar el aprendizaje.

También será preciso que los profesores se familiaricen con los diferentes modelos de trabajo en el aula, con el fin de que logren interesar a la mayoría de los estudiantes en la ciencia. En este sentido, la atención a la diversidad de intereses y de estilos de aprendizaje de los alumnos se detecta como uno de los problemas más importantes a resolver. Este hecho determina la toma de decisiones sobre cómo organizar y secuenciar los contenidos, sobre qué actividades de aprendizaje seleccionar, sobre cómo manejar el aula, etcétera. Como puede apreciarse, para afrontar todos estos retos, será necesario un esfuerzo significativo en la formación de profesores.

## **2. PROPUESTAS DE FORMACIÓN PARA LOS PROFESORES DE CIENCIAS.**

Con base en lo anterior, no sería posible concluir nuestro trabajo sin presentar, entonces, algunos lineamientos que sirvan para estructurar, en un futuro próximo, una propuesta más acabada para la formación de los profesores del área de ciencias experimentales, pues ya hemos dicho que consideramos que esa será la vía privilegiada para que las orientaciones de la *didáctica de las ciencias* se hagan realidad en nuestro bachillerato. En tal sentido, presentamos las siguientes propuestas deseando que puedan integrarse a los esfuerzos institucionales de formación docente y que resulten útiles para facilitar a los profesores del área el afrontar el reto de poner en práctica una nueva forma de enseñar ciencias.

### **A) CONVERTIR A LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EN EL NÚCLEO VERTEBRADOR DE LA FORMACIÓN DE PROFESORES.**

El punto central de nuestra propuesta es que sean, precisamente, las orientaciones de la *didáctica de las ciencias*, el núcleo vertebrador de la formación de profesores.<sup>7</sup> Esto nos parece importante, dado que esta área propone *una integración de diversos campos de conocimiento a la práctica docente real*, planteamiento que

<sup>5</sup> Comisión de programas del área de ciencias experimentales. *Marco conceptual del área de ciencias experimentales. Op. cit.* p.12. También en: Gómez, I. *et al.* "La selección de contenidos en ciencias". En: *Cuadernos de pedagogía* No. 168, pp. 41-42.

<sup>6</sup> Reid, D.J. y Hodson, D. *Ciencias para todos en secundaria.* pp. 25-30.

<sup>7</sup> Gil, D. *Formación del profesorado de las ciencias y de la matemática. Op.cit.* p. 59.

ofrece una alternativa para superar las dos modalidades de formación docente, a nuestro modo de ver inapropiadas, que se han puesto en operación nuestra institución, hasta el presente.

La primera, se ha centrado exclusivamente en formar al profesorado en su ámbito disciplinario básico, con la pretensión de ofrecerles cierta actualización. En los cursos derivados de esta orientación, se han abordado únicamente contenidos científicos, que en muchos casos, han resultado ser los mismos que se imparten en los niveles de licenciatura o de maestría. Con esto se ha supuesto implícitamente, que la formación científica que precisa un profesor es idéntica a la que requiere un profesional que trabajará en un laboratorio o en una industria.

La segunda modalidad, se ha orientado básicamente a proporcionar por un lado, los contenidos científicos y por el otro los contenidos didácticos, en forma de cursos de psicología, sociología, didáctica, técnicas de comunicación, etcétera. Est tipo de formación docente ha dado por sentado que la integración de todas estas disciplinas la hará cada profesor en el aula. Sin embargo, la experiencia ha mostrado que es muy difícil que los profesores realicen dicha síntesis y que puedan adaptar estrategias instruccionales que les son presentadas en términos abstractos, a las necesidades de su materia.

*La didáctica de las ciencias* aporta una manera de evitar esta yuxtaposición, en tanto se orienta a *diseñar programas específicamente dirigidos al profesorado de ciencias*, en los que se abordan problemas de la práctica docente real, cuya solución requiere de la aplicación de los conocimientos provenientes de diversos los campos. Es decir, los especialistas en dicha área proponen, que es la existencia de una problemática y de un cuerpo de conocimientos específico, lo que hace posible la integración de diversas aportaciones, mismas que adquieren sentido en la medida en que pueden responder a los problemas planteados en la propia práctica docente.<sup>8</sup>

La aplicación de esta orientación en la formación de profesores en nuestro bachillerato, resultaría útil para que los docentes se familiaricen con las estrategias de enseñanza de los contenidos de su disciplina y con el proceso de razonamiento que subyace en la construcción de esos conocimientos por parte de los alumnos. Asimismo, en este ámbito se harían explícitas las dificultades que cabe esperar tengan los alumnos al estudiar los diferentes temas de su materia, a la vez que se daría a los enseñantes la oportunidad de analizar las experiencias de su práctica docente real. En ese sentido proponemos que el indicador de calidad en la tarea de formar profesores sea *el grado de integración existente entre la práctica docente real y los aspectos disciplinarios y pedagógicos*.

---

<sup>8</sup> Sanmartí, N. *Proyecto docente ... Op.cit.* p. 38

Para lograr esta integración, la *didáctica de ciencias* ofrece las siguientes características y ventajas:

- Promueve que la práctica docente real, sea el núcleo integrador de los distintos aspectos de la formación del profesorado, dado que es necesaria la conexión entre la investigación didáctica y la problemática en el aula.
- Integra un cuerpo teórico capaz de proponer soluciones a los problemas concretos que se plantean al enseñar las disciplinas científicas.
- Plantea un cambio del pensamiento y comportamiento docente.
- Se orienta a favorecer la vivencia de propuestas innovadoras y promueve la reflexión didáctica.
- Concibe la tarea docente como un trabajo permanente de innovación, investigación y formación permanente, realizado en forma colectiva por el profesorado de una institución.<sup>9</sup>

## **B. CONSIDERAR LOS SIGUIENTES PROGRAMAS DE ACTIVIDADES DE FORMACIÓN DE PROFESORES EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.**

Los tres grandes rubros que hemos desarrollado a lo largo de este trabajo, *la ciencia que debemos enseñar a los alumnos del bachillerato, cómo aprenden ciencias los estudiantes y cómo enseñar ciencias*, son el núcleo de nuestra propuesta de formación de profesores. En el desarrollo de los capítulos anteriores, estos grandes temas fueron divididos en diversos subtemas. Para cada uno de ellos, propondremos a continuación, tanto los propósitos a conseguir, como el programa de actividades que se sugiere que realicen los profesores durante su formación. Cabe aclarar que nuestra propuesta se presenta en forma de programas de actividades, dado que la *didáctica de las ciencias*, a partir del constructivismo, así sugiere presentar cualquier propuesta curricular.

### **1. La naturaleza de la ciencia. Programa de actividades.**

**Propósitos.** Acerca de la naturaleza de la ciencia, el reto de un programa de formación de profesores del bachillerato, consistirá en cuestionar las maneras tradicionales de concebir a la ciencia y proponer a los profesores nuevas formas de entenderla.

Aunque, como hemos revisado, no existe un único punto de vista filosófico sobre la naturaleza de la ciencia, es preciso que los profesores tomen conciencia:

<sup>9</sup> Gil, D. *Formación del profesorado de las ciencias y de la matemática. Op.cit.p.59-60.*

- de los aspectos subjetivos y sociales que influyen en la construcción del conocimiento científico.
- de que, dado que los fenómenos de la naturaleza no pueden conocerse directamente, son conocidos a través de teorías que la comunidad científica construye para interpretarlos.
- de que, por lo tanto, el conocimiento científico es simbólico y conlleva muchos elementos subjetivos.
- de que no existe un único *método científico*, rígido e infalible, capaz de conducir a la *verdad científica*.
- de que, sin embargo, el conocimiento científico no puede considerarse meramente relativo, ni se puede prescindir de la relación teoría-experimentación.<sup>10</sup>

**Proponemos que para lograr esta comprensión acerca de la naturaleza de la ciencia, durante la formación se desarrollen actividades como las siguientes:**

- Distinguir las diferencias entre el concepto tradicional y el concepto moderno de la ciencia a partir de lecturas que caractericen ambas perspectivas.
- Clarificar y discutir las propias concepciones sobre la ciencia y el trabajo científico, a partir de estar de acuerdo o no, con las proposiciones tradicionales y modernas sobre la ciencia.
- Analizar un esquema del *método científico* y detectar los errores e insuficiencias que presenta. Completar y/o corregir el esquema de acuerdo con conceptos más modernos sobre la ciencia.
- Identificar los preconceptos que se transmiten a los alumnos sobre la ciencia, mediante el análisis de libros de texto, esquemas, clases tradicionales, etcétera.
- Expresar las propias ideas sobre el trabajo científico mediante un dibujo que refleje la idea que se tiene sobre la actividad de *el científico*.
- Analizar qué modelo de ciencia se transmite a los alumnos a través de las actividades que se usan para la enseñanza de las ciencias.
- Redactar el propio concepto de ciencia.
- Analizar las ideas que tiene la sociedad sobre la ciencia y el trabajo científico y cómo influyen en el hecho de que los alumnos no se inclinen por las carreras científicas.

## **2. La finalidad de la enseñanza de la ciencias. Qué tipo de contenidos son importantes. Programa de actividades.**

**Propósitos.** . Es importante la revisión de los puntos de vista de los profesores sobre *para qué enseñar ciencias* y, en consecuencia, *qué contenidos de la ciencia enseñar*. Será necesario que conozcan y analicen las

<sup>10</sup> Izquierdo, M. "Qué son las ciencias. Una reflexión imprescindible para enseñar ciencias". En: Geli, A.M. y Terradellas, M.R. *Reflexiones sobre la enseñanza de las ciencias naturales*. pp. 21-44.

diferentes opciones curriculares que existen para enseñar ciencias. Asimismo se requiere que los profesores tomen conciencia de que existen diferencias entre *la ciencia del libro de texto*, *la ciencia que enseña el profesor* y *la ciencia de los alumnos*. También es importante analizar las muchas contradicciones que se dan entre una propuesta curricular y lo que realmente se pone en práctica en el aula.

**Las actividades que podrían cubrirse para tal fin, serían las siguientes:**

- Analizar diversos puntos de vista sobre la finalidad de la enseñanza científica.
- Clarificar la finalidad personal que se persigue al enseñar ciencias.
- Diferenciar entre distintos tipos de modelos curriculares para enseñar ciencias y analizar sus ventajas y desventajas.
- Identificar las incongruencias existentes entre los contenidos de programas de estudio y las finalidades planteadas en el currículo
- Identificar el tipo de opción curricular que se sigue personalmente al enseñar ciencias, así como la de otros compañeros
- Analizar programas de estudio de distintas instituciones e identificar a qué opción curricular corresponder.

### **3. Las ideas previas de los alumnos. Programa de actividades.**

**Propósitos.** Uno de los puntos fundamentales en la formación del profesores de ciencias, es la toma de conciencia de la importancia para el aprendizaje de las ideas previas de los estudiantes. Será importante que aprendan cómo detectar estas ideas y cómo pueden utilizarse para anclar los nuevos conocimientos.

**Para alcanzar estos propósitos, proponemos las siguientes actividades.**

- A partir de la bibliografía para el tema, describir en qué consiste el aprendizaje para diversas corrientes pedagógicas.
- Hacer explícitos los propios puntos de vista sobre cómo se cree que los estudiantes aprenden ciencias y ubicar esta idea en la(s) corriente(s) de aprendizaje a la que corresponda.
- Relacionar distintos diseños curriculares con las teorías del aprendizaje que los sustentan.
- Identificar los métodos que personalmente se utilizan para considerar que los alumnos han aprendido y ubicar ese concepto en alguna(s) corriente(s) actual(es) del aprendizaje.
- Diferenciar entre las características del conocimiento científico y las del conocimiento cotidiano.
- Establecer la diferencia entre: *concepción alternativa*, *error conceptual* y *conocimiento previo*.

- Definir las principales características de las concepciones alternativas.
- Reconocer concepciones alternativas de los estudiantes en algún tema de la asignatura que se imparte. Reconocer su origen y valorarlas en las ventajas que ofrecen para anclar los nuevos conceptos.
- Elaborar un examen de diagnóstico de concepciones alternativas sobre un tema de la asignatura que se imparte.

#### **4. Factores que influyen en la enseñanza de las ciencias. Programa de actividades**

**Propósitos.** Es fundamental en la formación de los profesores de bachillerato, una toma de conciencia explícita de los factores que influyen en el aprendizaje de las ciencias, con el fin de aprovechar o disminuir su influencia, según sea el caso, en las clases de ciencias.

**En relación con este propósito, las actividades que podrían realizarse son las siguientes:**

- Identificar las propias ideas espontáneas sobre la influencia que tienen en el aprendizaje de las ciencias, el trabajo experimental, las interacciones sociales, los factores cognitivos y los factores afectivos.
- A partir de la revisión bibliográfica, identificar diferentes puntos de vista sobre la influencia de algunos factores en el aprendizaje de las ciencias..
- Identificar en libros de texto, o en otros materiales curriculares, si se toman en cuenta al abordar los temas, los factores que influyen en el aprendizaje de las ciencias.
- Identificar diferentes tipos de *diversidades* que se dan en el aula. Analizar sus posibles causas y sus posibles efectos en el aprendizaje. Identificar sus ventajas y desventajas.
- Hacer propuestas sobre cómo organizar la clase para atender a la diversidad de estilos cognoscitivos de los alumnos.

#### **5. La selección y el diseño de actividades didácticas. Programa de actividades.**

**Propósitos..** Dada la importancia que tiene *la elaboración de programas de actividades* en la orientación constructivista de la enseñanza de las ciencias, consideramos muy importante presentar las siguientes reflexiones sobre los lineamientos que han de ofrecerse a los profesores para orientar la selección y la organización de actividades en programas coherentes, dirigidos a favorecer, en sus alumnos, la construcción de conocimiento.

Es importante que los profesores se den cuenta de las diferencias entre *un diseño constructivista de las actividades* basado en las etapas del *ciclo de aprendizaje*, y los diseños derivados, tanto del *modelo por*

*descubrimiento, (estructurado desde la lógica del alumno), como del de transmisión-recepción (estructurado desde la lógica de la disciplina, sin tener en cuenta el punto de vista del que aprende).*

Para ésto, será preciso que reconozcan de antemano que el aprendizaje se da en los alumnos por incorporación de nuevas informaciones y por acomodación de las mismas, es decir, efectuando modificaciones y ajustes en la propia estructura conceptual previa.

Conviene partir de un cambio en la forma de ver las actividades didácticas. Hemos podido percatarnos de que los docentes, además de que siguen el *modelo por descubrimiento* o el de *transmisión-recepción* en la selección de actividades, las clasifican en función de si son *experimentos, ejercicios, trabajo en grupo, etcétera*. Será preciso que aprecien la diferencia de punto de partida para clasificar las actividades en el modelo constructivista, mismo que toma como base *el momento del aprendizaje en que se aplican*.

Así, será necesario que los profesores distingan entre *actividades de exploración o de explicitación, actividades de introducción de conceptos y/o procedimientos, actividades de estructuración del conocimiento o de síntesis y actividades de aplicación*.

Consideramos que un obstáculo a vencer, es que los profesores no dudan de la calidad y adecuación de las actividades que ponen en práctica, dado que son producto, frecuentemente, de muchos años de experiencia. Cambiar esta visión no es fácil, si aún no se han asimilado las orientaciones del modelo constructivista, que dan sentido a esta tarea.

**Para lograr estos propósitos se proponen las siguientes actividades:**

- Analizar las características de las actividades que habitualmente se proponen en clase. Ubicarlas en el modelo de *transmisión-recepción* en el *modelo por descubrimiento*, o en el que correspondan..
- Identificar las características de las actividades de enseñanza que habitualmente se programan en el bachillerato; analizar sus finalidades, el papel del alumnado y del profesor en ellas, así como su adecuación a las necesidades de formación de los alumnos.
- Identificar las variables que permiten caracterizar un diseño de actividades didácticas como constructivista. Distinguir dentro de esta corriente cuáles son los criterios de selección y organización de actividades y compararlos los criterios habituales que rigen estas tareas.
- Aplicar dichos criterios al análisis de diversos programas de estudio.
- Planear las actividades de un tema, o de una unidad de su programa, proponiendo actividades de iniciación, de introducción de conocimientos, de estructuración de los mismos y de aplicación.

## **6. Los trabajos experimentales y prácticos. Programa de actividades.**

**Propósitos.** Es importante que los profesores aprendan que no todos los experimentos o prácticas son igualmente idóneos para cada momento de un ciclo de aprendizaje y que será necesario adecuarlos en función del momento del ciclo en el que vayan a utilizarse, tomando en cuenta las características del grupo (edad, conocimientos, intereses, material disponible, etcétera.). Deberán reflexionar, asimismo, que uno de los factores más importantes para el aprendizaje de las ciencias, es dedicar suficiente tiempo al análisis e interpretación de una práctica o experimento, pues en las clases de ciencias, el aprendizaje se lleva a cabo si *además de manipular, se habla y se discute* y esto requiere de tiempo y de una buena organización del grupo. Es también importante que se convenzan de la necesidad de elaborar nuevos diseños para los trabajos prácticos, dado que muchos guiones de prácticas y experimentos que se utilizan, se reducen a describir un procedimiento y a promover la recolección de datos, es decir, a aplicar el modelo de la *receta de cocina*, por lo que son muy poco motivadores y efectivos para la construcción del conocimiento. Asimismo, otros protocolos de prácticas, resultan ser textos complejos, que contienen informaciones, instrucciones y preguntas de muy difícil comprensión para los alumnos.

**Algunas de las actividades importantes para lograr estos propósitos, serían las siguientes:**

- Identificar diferentes tipos de trabajos prácticos, a partir de la propia experiencia y de la revisión bibliográfica.
- *Clasificar algunas prácticas de laboratorio, en función de las diferentes etapas del ciclo de enseñanza, en que es conveniente usarlas, con el fin de que los profesores aprendan que no todos los experimentos o prácticas son igualmente idóneos para cada momento de un ciclo de aprendizaje.*
- Proponer adecuaciones a las prácticas, en función del momento del ciclo en el que vayan a utilizarse y en función de las características del grupo (edad, conocimientos, intereses, material disponible, etc. ) .
- Familiarizar a los profesores con instrumentos que facilitan la síntesis y la comunicación de ideas, como los mapas conceptuales, la "V" de Gowin y las bases de orientación.
- Proponer otras actividades prácticas importantes para la clase de ciencias.
- Proponer criterios y actividades de evaluación relacionadas con la realización de actividades prácticas..

## 7. La resolución de problemas. Programa de actividades.

**Propósitos.** Está muy extendida la idea de que para aprender a resolver problemas deben hacerse muchos ejercicios, cuando lo más significativo es que los estudiantes lleguen a construirse *bases de orientación* que les clarifiquen las acciones necesarias para resolver un determinado problema. Es preciso que los profesores tomen conciencia de que lo más importante es apreciar si los estudiantes identifican el sentido del problema, si planifican adecuadamente las acciones a llevar a cabo y si identifican los criterios que les permitan reconocer que los resuelven correctamente. Sin menospreciar estrategias de tipo algorítmico, los profesores deberían iniciarse en el conocimiento de otras estrategias para resolver problemas abiertos, como las propuestas por Gil y Martínez Torregrosa <sup>11</sup> o por Labarrere, <sup>12</sup> cuyas aportaciones podrían analizarse en esta etapa de la formación.

.En relación con la resolución de problemas, las actividades de formación que se proponen son:

- Mediante la lectura de textos pertinentes, distinguir entre problemas abiertos y cerrados y caracterizarlos.
- Buscar ejemplos de problemas abiertos y de problemas cerrados.
- Transformar un problema cerrado en abierto.
- Identificar las estrategias que utilizan los estudiantes para resolver problemas.
- Seleccionar algunos problemas significativos, que se presten a la reflexión metacognitiva.
- Proponer actividades de evaluación más pertinentes no sólo en relación con el resultado del problema, sino también tomando en cuenta el proceso de resolución.
- Planear cómo organizar la clase para facilitar que los propios estudiantes evalúen su proceso de resolución de problemas.

## 8. Actividades complementarias en la clase de ciencias Programa de actividades.

**Propósitos:** Un programa de formación de profesores, debe favorecer que ellos se familiaricen con la variedad de actividades de enseñanza que es posible seleccionar para la clase de ciencias. Habrá que tener en cuenta que para que un profesor aplique cualquier actividad innovadora, será necesario que reconozca sus

<sup>11</sup> Gil, D.; Martínez-Torregrosa, J. y Senent, F. " El fracaso en la resolución de problemas: una investigación orientada por nuevos supuestos". En: *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 131-146. También Gil, D. *Formación del profesorado de las ciencias y de la matemática.. Op cit.* p. 65-72..

<sup>12</sup> Labarrere, A.F. *Bases psicopedagógicas de la enseñanza de la solución de problemas matemáticos en la escuela primaria.* Apud.

cualidades para el aprendizaje de los estudiantes y que adquiera cierto grado de seguridad sobre su funcionamiento y sobre la forma de aplicarla.

**En la etapa de formación, las actividades que pueden aplicarse son las siguientes:**

- Enlistar las actividades de aprendizaje que cada profesor utiliza habitualmente.
- Mediante la investigación bibliográfica y la discusión colectiva con otros profesores, identificar y describir diferentes tipos de actividades, instrumentos y recursos que se pueden utilizar en la programación del proceso de enseñanza de diferentes contenidos.
- Comparar esta variedad de posibilidades con los tipos de actividades que se aplican habitualmente.
- Reconocer los errores en el diseño y aplicación que se hace habitualmente de las actividades de enseñanza.
- Proponer actividades en función del plan de estudios institucional, de los materiales y espacio disponibles y de las características del grupo de alumnos.
- Identificar las características de cada actividad y las razones por las cuales son interesantes.
- Iniciarse en el uso de algunas de ellas, en el caso de que las desconozcan.
- Describir formas de llevarlas a cabo, es decir, reflexionar sobre cómo y cuándo deben aplicarse.
- Hacer ejercicios de aplicación de instrumentos que facilitan la síntesis y la comunicación de ideas, como los mapas conceptuales, la "V" de Gowin y las bases de orientación.
- Iniciar la confección de una base de datos sobre recursos didácticos disponibles, tanto en el propio Colegio, como fuera de él.

## **9. La evaluación. Programa de actividades.**

**Propósitos:** La formación de profesores deberá promover una toma de conciencia sobre tres puntos fundamentales relacionados con la evaluación:

- a) Las deficiencias e incongruencias de los modelos tradicionales de evaluación y de la forma como obstaculizan cualquier cambio que se pretenda realizar.
- b) Una de las condiciones más importantes para mejorar la efectividad de la enseñanza de las ciencias en el bachillerato es ajustar los modelos de evaluación a las orientaciones de la *didáctica de las ciencias*.
- c) Un cambio en el modelo de evaluación, no podrá darse aislado, sino que forzosamente será consecuencia de otros cambios en los demás aspectos que definen el proceso enseñanza-aprendizaje, como son la planeación, la selección de actividades, las relaciones que se viven en el aula, etcétera.

**Para ayudar a los profesores a tomar en cuenta otros puntos de vista sobre la evaluación y a aceptar las orientaciones de la *didáctica de las ciencias*, se proponen las siguientes actividades:**

- Analizar las prácticas evaluativas habituales identificando sus funciones, su utilidad , los instrumentos utilizados, la actuación del profesor y la actuación de los alumnos.
- Distinguir entre las distintas funciones de la evaluación y entre sus diferentes tipos.
- Identificar las finalidades de la evaluación inicial, en función de su utilidad para detectar los preconceptos de los alumnos, y analizar su incidencia en el diseño de las actividades de aprendizaje posteriores.
- Diseñar instrumentos de evaluación coherentes con la perspectiva constructivista.
- Analizar las ventajas de utilizar las bases de orientación, los mapas conceptuales y las "V" de Gowin, como instrumentos de evaluación.
- Elaborar la planeación de algún tema , interrelacionando las actividades de enseñanza y de evaluación.
- Analizar diferentes fuentes de datos que pueden tomarse en cuenta para la evaluación.

#### **10. El aprendizaje cooperativo. Programa de actividades.**

**Propósitos.** Que los profesores tomen conciencia de las dificultades para conseguir que el trabajo en el aula sea cooperativo, es decir que colaboren todos los estudiantes en la realización de las tareas y que se ayuden mutuamente en la construcción de los conocimientos. Los valores sociales predominantes no facilitan la ayuda entre los compañeros y habitualmente se manifiestan multitud de conflictos ajenos a la tarea que se pretende realizar. Por ello, los profesores mediante la formación, deben conocer las variables que favorecen la construcción de un grupo y de un buen *clima en el aula*. Asimismo, han de aprender a mejorar su formas de comunicación, a manejar diversas técnicas de dinámica de grupo, a diseñar nuevas formas de organizar el aula, etcétera.

**Para ayudar a los profesores a lograr estos propósitos se podrán desarrollar actividades como las siguientes:**

- Mediante la experiencia y el apoyo bibliográfico, identificar cuáles son las variables que condicionan la construcción de un grupo.
- Detectar cuáles son las formas comunicativas más usuales entre el profesor y el alumno y entre los propios alumnos.
- Establecer cuáles son las actividades más convenientes para ser realizadas en grupo.

- Mediante la discusión colectiva entre los profesores , determinar qué equilibrio debe existir entre el trabajo individual, el trabajo en equipos y el trabajo en grupo.
- Reflexionar sobre las diferentes formas en que influye el grupo en el aprendizaje de los estudiantes.
- Hacer propuestas sobre cómo evaluar el trabajo en equipo y en grupo.
- Identificar la influencia de distintas variables que influyen en la comunicación grupal, como son el género, el nivel intelectual, el tipo de contenido que se aborde , el liderazgo, etc.
- Autoevaluar sus propias formas comunicativas.
- Identificar, en su propia práctica docente, los aspectos que favorecen y obstaculizan la interacción en el aula.
- En clases cortas, impartidas por los participantes, ya sea en vivo o grabadas en video, analizar los elementos de comunicación y el manejo del grupo

### **C. CONSIDERAR LAS SIGUIENTES DIRECTRICES PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES:**

Las siguientes orientaciones definen las características metacognitivas que deberían reunir los cursos de formación de profesores; cabe destacar que comparten los mismos fundamentos teóricos y metodológicos que caracterizan al modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias que hemos desarrollado en este trabajo.

En primer lugar, consideramos que la formación del profesorado debe ser concebida *como un proceso de cambio de conceptual, metodológico y actitudinal acerca de la enseñanza de las ciencias*.<sup>13</sup> En ese sentido, el docente puede ser considerado como un aprendiz que construye activamente puntos de vista personales sobre la enseñanza y el aprendizaje basados en su experiencia personal y fuertemente determinados por las concepciones, percepciones, atributos y habilidades construidas previamente. Para lograr el cambio, es preciso que el profesor tome conciencia de sus preconcepciones sobre la docencia, con el fin de reconstruirlas.<sup>14</sup>

Será preciso también promover procesos metacognitivos a partir de situaciones interactivas entre compañeros. Metacognición es un término general que se refiere a la capacidad de controlar y ser consciente de las propias actividades de aprendizaje. Flavell definió este concepto como el *conocimiento que se tiene de los propios procesos cognitivos, de sus producciones y de todo lo que está relacionado con ellos. Lo refiere también, entre otras cosas, a la regulación y a la organización de estos procesos en función de los objetos cognitivos o de la*

<sup>13</sup> Furio, C. "Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias". *Op. cit. Apud.*

<sup>14</sup> Gunstone, R y Northfield, J. "Metacognition and learning to teach" En. *International journal of science teaching* 16(5), pp. 523-527.

información que se requiere para conseguir una finalidad u objeto concreto. <sup>15</sup> Por tanto, para que los puntos de vista antecedentes de los profesores puedan evolucionar, será necesario que después de tomar conciencia de sus propias formas de pensar y actuar, conozcan otros puntos de vista que les permitan contrastar los propios. ya que el lenguaje es uno de los instrumentos básicos que posibilita llegar a compartir ideas y significados.<sup>16</sup> El aprendizaje significativo desde esta perspectiva, se alcanzará tanto a través de actividades participativas, que sean pertinentes a los objetivos que quieran alcanzarse como a través de propiciar la actividad mental interna de cada profesor, es decir, una interiorización de las actividades que se realicen en grupo.

La docencia conlleva un fuerte componente ideológico; en este sentido, es importante que los profesores reconozcan que el mundo de la experiencia está lleno de valores, de connotaciones y de ideología y que estos factores tienen una gran influencia tanto sobre las ideas previas que se tengan acerca del fenómeno educativo, como sobre las decisiones que se toman en la práctica. En este sentido, consideramos necesario que los profesores partan de una reflexión crítica sobre sus propias concepciones, hábitos, habilidades y valores, los cuales, probablemente, tienen su origen en los puntos de vista construidos a lo largo de su propia actuación como docentes y de su tránsito como alumnos del sistema educativo tradicional. <sup>17</sup> A este respecto, en el caso particular de los profesores de ciencias, existe una fuerte interrelación entre sus ideas sobre la ciencia y su forma de enseñarla. Por tanto, es preciso que los docentes se convenzan de que no es posible cambiar uno, sin cambiar, al mismo tiempo, los puntos de vista sobre el otro. La formación hará tomar conciencia a los profesores de la necesidad de evolucionar hacia modelos de enseñanza más modernos, en los que se tengan muy en cuenta los problemas de aprendizaje de los estudiantes y los derivados del contexto social. <sup>18</sup>

Siguiendo a Gil, y a muchos otros autores, consideramos que la práctica docente debe ser el referente fundamental del proceso metacognitivo, ya que posibilita la toma de conciencia sobre los propios problemas docentes y permite la reflexión sobre sus alternativas de solución. Por tanto, la formación debe abordar el estudio y la reflexión de problemas reales ya que un discurso teórico sin referentes prácticos no conduciría a un aprendizaje significativo.<sup>19</sup>

En tanto que en el ejercicio de la docencia se interrelacionan los componentes científicos, los componentes técnicos, los componentes personales y los componentes ideológicos, la reflexión metacognitiva debe abarcar estos cuatro tipos de componentes. <sup>20</sup>

<sup>15</sup> Flavell, J.H. "Metacognitive aspects of problem solving". En: Resnick, L.B. *The Nature of intelligence*. p. 231-235.

<sup>16</sup> Sanmartí, N. *Proyecto Docente...* Op. cit. p. 40.

<sup>17</sup> Pérez, A.I. "La función y formación del profesor en la enseñanza para la comprensión. Diferentes perspectivas" En: J. Gimeno y A.I. Pérez *Comprender y transformar la enseñanza*. pp. 13 y 18.

<sup>18</sup> *Ibidem*. pp. 78-80.

<sup>19</sup> Gil, D. *Formación del profesorado de las ciencias y de la matemática..* Op cit. p. 64.

<sup>20</sup> Porlán, R. *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. 1989. p. 38.

En otras palabras, dado que es importante la autorregulación en este proceso, será necesario que los profesores aprendan a orientar sus acciones hacia el logro de los objetivos propuestos. En ese sentido será preciso, no sólo que cada profesor haga suyos los conocimientos, habilidades, estrategias y actitudes que debe aprender sino que observe la evolución de su propio proceso de aprendizaje.<sup>21</sup>

### 3. CONCLUSIONES.

La *didáctica de las ciencias* en una área de conocimiento que se ocupa de los problemas relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales. Los interesados en esta área dirigen sus esfuerzos a la investigación de este tipo de problemas, al desarrollo y estructuración de su referente teórico y a las tareas de formación inicial y permanente del profesorado.

La *didáctica de las ciencias* está vinculada con otras áreas de conocimiento de las cuales extrae diferentes modelos teóricos para elaborar los suyos. La interpretación de las situaciones problemáticas que estudia integra puntos de vista y modelos muy diversos.

Este campo de conocimiento incorpora como uno de sus referentes teóricos al *constructivismo*, corriente que le ha permitido desarrollar extraordinariamente su campo de investigación y sus propuestas de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, de manera que hoy muchos autores hablan de un *constructivismo didáctico de las ciencias*.

La investigación en esta línea ha evolucionado con el tiempo y ha aportado resultados importantes en diversos campos, entre los que podemos mencionar: las ideas previas de los estudiantes y los modelos que las explican, la enseñanza como cambio conceptual, la construcción colectiva del conocimiento, las preconcepciones de los profesores y su influencia en la enseñanza de las ciencias y en las interacciones con el alumnado, etcétera. Las construcciones que se estudian no se limitan únicamente a los conceptos científicos concretos, sino que se han extendido al campo de los condicionantes lingüísticos, sociológicos, psicológicos y epistemológicos que determinan el hecho de que los conocimientos científicos puedan ser construidos por los estudiantes. El campo de investigación de los recursos didácticos también ha sido muy importante, especialmente lo relacionado con el trabajo experimental, la resolución de problemas y el uso de la informática en el aprendizaje científico. Por todo ello, puede afirmarse que el campo de la investigación en la orientación constructivista de la *didáctica de las ciencias*, se consolida y desarrolla progresivamente.

---

<sup>21</sup>Gunstone, R y Northfield, J. "Metacognition and learning to teach" En. *International journal of science teaching*, 16(5), pp. 523-527.. También en: Sanmartí, N. *Proyecto Docente...* Op. cit. p. 40 y en : Flavell, J.H. "Metacognitive aspects of problem solving". En: Resnick, L.B. *The nature of intelligence*. Op cit. pp. 231-235.

Sin embargo, el constructivismo no ha sido el único referente teórico que ha generado investigación en el campo de la *didáctica de las ciencias*. Existen otras líneas de investigación fructíferas provenientes del campo *Ciencia-Tecnología-Sociedad*, orientación que ha surgido de planteamientos más relacionados con la idea de *una ciencia para todos*. Las investigaciones realizadas en este campo se han orientado al estudio de las necesidades y de los intereses de los estudiantes, de las formas de organización del sistema escolar, del trabajo en el aula, de la relación entre la diversidad del alumnado y el aprendizaje científico, etcétera. Sus resultados han tenido gran influencia en el diseño del currículo, dado que han orientado decisiones sobre qué enseñar, cómo enseñar y cómo evaluar.

Podemos concluir que, en el momento actual, el campo de la *didáctica de las ciencias* se está construyendo a partir de propuestas innovadoras que se han generado a través de la investigación y que han integrado coherentemente un cuerpo de conocimientos teórico-prácticos que abarca todas las etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Dichas propuestas innovadoras, constituyen las etapas de una búsqueda sistemática, progresiva, pero no lineal, en la que van a darse -como en cualquier dominio científico- avances parciales, bloqueos y reestructuraciones profundas.<sup>22</sup> Los diversos estudios aportados por la comunidad docente e investigadora en este campo que fueron recogidos en este trabajo y que abarcan los aspectos fundamentales del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, así parecen indicarlo.

#### 4. PERSPECTIVAS.

Aprender a enseñar ciencias, es un proceso complejo que no consiste únicamente en adquirir conocimientos disciplinarios y técnicas didácticas para aplicarlas en el aula, sino que implica, sobre todo, reconstruir los propios puntos de vista, de manera que pueda operarse un cambio conceptual, metodológico y sobre todo de actitudes, con respecto al significado y a la práctica de nuestra tarea.

Por lo que toca a la aplicación de las orientaciones presentadas en este trabajo en el bachillerato del CCH, es preciso hacer énfasis en que no existen recetas de fácil aplicación. Es posible que en el momento actual, que se caracteriza por un nuevo interés de los profesores ante las demandas de los programas actualizados -que fueron elaborados, siguiendo, en buena medida, el modelo constructivista-, sea posible una auténtica y fructífera reestructuración de la enseñanza de las ciencias, a la que poco a poco se integren las nuevas aportaciones de los profesores, para construir colectivamente una propuesta consensuada y coherente, que pueda desplazar en

<sup>22</sup> Gil, D. *Enseñanza de las ciencias y de la matemática*. Op. cit. p 85.

el ámbito de nuestra institución, tanto al *modelo de enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados*, como al *modelo por descubrimiento*.

Por último, con respecto a las propuestas de formación de profesores de ciencias, deben ser visualizadas como una hipótesis de trabajo que habría de llevarse a cabo y evaluar posteriormente sus resultados como en cualquier diseño curricular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

### ARTÍCULOS EN REVISTAS:

ACUÑA, E.C. "Estimación Crítica. Un procedimiento para la enseñanza de la ciencia a nivel universitario". En: *Perfiles educativos*. México, UNAM, CISE, 1988. No 39. pp. 3-27

ALIBERAS, J.; GUTIÉRREZ, R. e IZQUIERDO, M. "La Didáctica de las ciencias. una empresa racional". En: *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, 1989. 7(3), pp. 277-280.

ALONSO, M.; GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. "Los exámenes de física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación". En: *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, 1992, 10 (2), p. 128-138.

ALONSO, M.; GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. "Actividades de evaluación coherentes con una propuesta de enseñanza como investigación: Actividades de autorregulación e interregulación". En: *Enseñanza de la física*. 1995, 8 (2).

BENÍTEZ, L. "La Formación del científico. Espejismos y realidades." En: *Ciencia*. México: Academia de la Investigación Científica, 1994, Vol. 45. (1), pp. 35-42.

BERGER, C.. "What are the implications of paradigms research for science education?" En: *Journal of research in science teaching*, New York, N.Y: John Willey and sons. 1979, 16(6). pp. 517-525.

BOWEN, B.. "The need for paradigms in science education research". *Science education*, New York, NY. : John Willey and sons 1975, 59(3). pp. 423-430.

BURBULES, N. y LINN, M. "Science education and phylosphy of science: congruence or contradiction?" En: *International journal of science education*, London: Taylor & Francis. 1991, 13 (3), pp. 227-241.

CAMPDELL, B.; LAZONBY, J.; MILLAR, R.; NICOLSON, P.; RAMSDEN, J. y WADDINGTON, D. "Science: the Salters Approach. A case study of the process of. large scale curriculum development". En: *Science education*, New York, N.Y.: John Willey and sons 1994, 78(5), pp. 415-447.

CAAMAÑO, A. y CARRASCOSA, J. OÑORBE, A.. "Los Trabajos experimentales en ciencias experimentales". En: *Alambique*, 1994, 2, pp. 4-5.

CAÑAL, P.; LÓPEZ, J.I.; VENERO, C. y WAMBA, A. M. "El lugar de las actividades en el diseño y en el desarrollo de la enseñanza ¿cómo definir las y clasificarlas?" En: *Investigación en la escuela*, Barcelona. 1993, No. 19, pp. 7-13.

CARRASCOSA, J. "Errores conceptuales en la enseñanza de la Física y de la Química. Una selección bibliográfica" En: *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, 1985. 3(3), pp. 230-234.

CHAMIZO, J.A. "Hacia una revolución en la educación científica en la ciencia" En: *Ciencia*, México: Academia de la Investigación Científica, 1994, Vol. 45 (1) pp. 67-78.

COLOMBO DE CUDMANI, L.; PESOA DE DANON, M. y SALINAS DE SANDOVAL, J. "La realimentación en la evaluación en un curso de laboratorio de física". En: *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, 1986. 4 (2), pp. 122-128.

CRUZ ULLOA, B.; CANDELA, P; CRUZ, E. y otros. "Consideraciones sobre el curso de método científico experimental y el programa indicativo de biología." en *Cuadernos del colegio*. México, UNAM, CCH. 1994. No. 56. enero-junio.

DOISE, W. "La construcción social del conocimiento: Desarrollo y conflicto sociocognitivo" En: Lacasa, P. "Una Entrevista a William Doise". *Infancia y aprendizaje*. Barcelona, 1993. No. 61, pp. 5-28.

DREYFUS, A.; JUNGWIRTH, E. y ELIOVITCH, R. "Applying the cognitive conflict. strategy for conceptual change. Some implications, difficulties and problems." En: *Science education*, New York, N.Y : John Willey and sons. 1990. 74 (5), pp. 555-569.

DRIVER, R. & Oldham, V. "A constructivist approach to curriculum development and science". *Studies in science education*. Yorkshire: University of Leeds. Center for studies in science education. 1986. No. 13, pp. 105-122.

DRIVER, R. "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1986. 4(1), 3-16.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. y SCOTT, P. "Constructing scientific knowledge in the classroom". *Educational researcher*, New York: State university of New York. 1994, 23(7), 5-12.

DUSCHL, R y GITOMER, D. "Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice". En: *Journal of research in science teaching*. New York. N.Y. John Willey & sons. 1991. 28 (9) pp. 839-849.

FURIÓ y MAS, C. J. "Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias". En: *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona. 1995, 12(2), pp. 193-199.

GARRET, R. "Resolver problemas en la enseñanza de la ciencias". En: *Alambique*. Barcelona: Grao, 1995, No. 5 (Didáctica de las Ciencias Experimentales), pp. 10-15.

GIL, D. "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias." En: *Enseñanza de las ciencias*, 1, (1) pp. 26-33.

GIL, D. y CARRASCOSA, J. "Science Learning as a conceptual and methodological change". En: *European journal of science education*, London: Taylor & Francis. 1985, 7 (3), pp. 231-236.

GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGOSA, J. "Los programas guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias". En: *Investigación en la escuela*, Barcelona. 1987, No. 3, pp. 3-12.

GIL, D.; MARTÍNEZ-TORREGOSA, J. y SENENT, F. "El fracaso en la resolución de problemas: Una investigación orientada por nuevos supuestos". En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1988, 6(2), pp. 131-146.

GIL, D. "Contribución de la historia y de la filosofía de la ciencia al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1993, 11 (2), pp. 198-210.

GIL, D. "Diez Años de investigación en Didáctica de las Ciencias. Realizaciones y perspectivas." En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1994, 12 (2), pp. 152-160.

GLASERSFELD, E. "Cognition, Construction of knowledge and teaching". En: *Synthese* New York, N.Y.: Dordrecht, D. Reidel Publishing. 1990. 80(1) p.121.

GÓMEZ, C.M.; CARBALLO, A; VÁZQUEZ, E y otros.. "Algunas opciones para solucionar el problema curricular y de la enseñanza aprendizaje del Método Científico Experimental en el Colegio de Ciencias y Humanidades" En: *Cuadernos del colegio*. México, UNAM, CCH, 1990. No. 46.

GÓMEZ GRANELL, C. y COLL, C. "De qué hablamos cuando hablamos de Constructivismo". En *Cuadernos de pedagogía*. Barcelona: Laia. 1994. No. 221, pp. 8-10.

GÓMEZ, I; IZQUIERDO, y M. SANMARTÍ, N. "La selección de contenidos en ciencias". En: *Cuadernos de Pedagogía*. Barcelona: Laia. 1994, No. 168, pp. 41-42.

GUNSTONE, R.F. y NORTHFIELD, J. "Metacognition and learning to teach". En: *International journal of science teaching*. London: Taylor and Francis. 1994. 16 (5) pp. 523-537.

GUTIÉRREZ R. "La investigación en Didáctica de las Ciencias. Elementos para su comprensión". En: *Bordón*, Madrid: Sociedad Española de Pedagogía. 1987. No. 268, p. 339.

HALWACHS, F. "La Física del maestro: entre la Física del físico y la Física del alumno". En: *Revista francesa de pedagogía*. París, 1975, No. 33, pp. 19-29.

HERRÁN, J. Y LOZANO, J.M. "La Enseñanza tendrá que ser menos pasiva por parte del alumno". (Entrevista en 1971. realizada por la Revista *Siempre*.) En: *Documenta*. México. UNAM, CCH 1979. No. 1 pp. 44-45.

HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. *La Ciencia de los Alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y de la Química*. Barcelona: Laia, MEC. 1988. (Colección Cuadernos de Pedagogía).

HEWSON, P. y THORLEY, N. "The Conditions of conceptual change." En: *International journal of science education*. 1989. 11, pp. 541-553.

- HODSON, D. "Philosophy of Science, science and science education." En: *Studies in science education*. 1985, 12, pp. 25-57.
- HODSON, D. "In search of a meaningful relationship in science education". En: *International journal of science education*. London: Taylor & Francis. 1992, 14 (5). pp. 541.
- HOWE, A. "Development of science concepts within a Vygotskian framework". En: *Science education*, New York, N.Y: John Willey and Sons. 1996, 80 (1), pp. 45-49.
- IZQUIERDO, M.. "La "V" de Gowin. Un Instrumento para aprender a aprender (y a pensar) ". En: *Alambique*. Barcelona: Grao. 1994. 1, pp. 114-116. (Número especial de Didáctica de las Ciencias.)
- JIMÉNEZ, M.P. "Entrevista a Rosalind Driver " En: *Cuadernos de pedagogía*. Barcelona, LAIA. 1988, No. 155, pp. 32-35.
- JORBA, J. y SANMARTÍ, N. "La función pedagógica de la evaluación" En: *Aula*. Madrid: Sociedad española de pedagogía. 1993, No. 20, pp. 20-30.
- KLOPFER, L. "Research on the crisis of science education" En: *Science education*. New York, N.Y. John Willey and Sons. 1983, 67 (3), pp. 283-284.
- LACASA, P. "Una entrevista a William Doise". En: *Infancia y aprendizaje*. Barcelona, 1993, No. 61, pp. 5-28.
- LINN, M. Establishing a research base for science education: Challenges, trends and recommendations En: *Journal of research on science education*. New York, N.Y: John Willey & sons. 1987. 24(3) pp. 191-216.
- LLORENS, J.A.; De JAIME, Ma. C. y LIOPIS, R. "La función del lenguaje en un enfoque constructivista de la enseñanza de las ciencias." En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1989, 7 (2), pp. 111-113.
- LÓPEZ, N.; LIOPIS, R; LLORENS, J.A.; SALINAS, B. y SOLER, J. "Análisis de dos modelos evaluativos referidos a la Química". En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1983, 1 (1), pp. 21-25.
- MALONEY, D.P. "Research on problem solving". En: Gabel, D. (edra) 1994. *Handbook of research on science teaching an learning*. New York: MacMillan Pub. 1994, p. 327. (Publicación de la National Association of Research on Science Teaching).
- MARTÍN DÍAZ, M. J. y KEMPA, R. F.. "Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de enseñanza de las ciencias en función de sus características motivacionales". En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1991, 9 (1), pp. 59-68.
- MARTÍNEZ LOSADA, C.; GARCÍA BARROS, S. y MONDELO ALONSO, M. "Las ideas de los profesores de ciencias sobre la formación docente". En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1993, 11 (1), p. 30.

MATTHEWS, M. R.. "Vino viejo en botellas nuevas. Un problema con la epistemología constructivista" En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1994, 12(1), pp. 80-84.

McDERMONT, L.C. "Research on conceptual understanding" En: *Physics today*. New York, N.Y. American Institute of Physics. 1984, Julio, pp. 24-34.

MELLADO, V. y CARRACEDO, D. "Contribuciones de la Filosofía de las ciencias a la didáctica de las ciencias". En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1993, 11 (3), pp. 331-339.

MEMBIELLA, P. "Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales". En: *Alambique*. Barcelona, Grao, 1995. No. 3, pp. 7-11.

MILLAR, R. y DRIVER, R. "Beyond Processes". En: *Studies in science education*. Yorkshire: University of Leeds, Center for studies in science education. 1987, 14, pp. 33-62.

NÍAZ, M. " Más allá del Positivismo: Una interpretación de la enseñanza de las ciencias". En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1994, 12 (1), pp. 97-98.

NUSSBAUM, J. "Classroom conceptual change". En: *International journal of science education*. London: Taylor and Francis. 1989, No. 11, pp. 530-531.

OSBORNE, R. y WITTRICK, M. "Learning Science: A generative process" En : *Science education*. New York, N.Y: John Willey & sons. 1983, No. 67, pp. 490-508.

PORLÁN, R. "Hacia una fundamentación epistemológica de la enseñanza". En: *Investigación en la escuela*. Barcelona, LAIA. 1993. No. 10., pp. 30-32.

PORLÁN, R.. "Concepciones epistemológicas de los profesores". En: *Investigación en la escuela*, Barcelona, LAIA, 1994, No. 22, pp. 67- 84.

POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P. y GERTZOG, W. "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. En: *Science education*. New York, N.Y: John Willey & sons. 1982. No. 66 (2), pp. 211-227.

POZO, J. I. "Psicología y didáctica de las ciencias de la naturaleza; ¿Concepciones alternativas?" En: *Infancia y aprendizaje*. 1993. Nos. 62-63. pp. 187-189.

POZO, J. I.; POSTIGO, Y. y GÓMEZ, M. A. "Aprendizaje de estrategias para la resolución de problemas en ciencias". En: *Alambique*. Barcelona: Grao. 1995, No. 5 (*Didáctica de las Ciencias Experimentales*).

POZO, J. I.; "Las Ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas". En: *Infancia y aprendizaje*. Madrid: sociedad española de pedagogía. 1992, No. 57, pp. 3-22.

REIF, F. "How can a Chemist teach problem solving". En: *Journal of chemical education*. Washington, D.C. American Chemical Society. 1983. No. 60(1), pp. 948-953.

SANMARTÍ, N. y JORBA, J. "Autorregulación de los aprendizajes y construcción de conocimientos". En: *Alambique*. Barcelona: Grao, 1995, No. 4. pp. 70-77.

SANMARTÍ, N. y JORBA, J. "La atención a la diversidad en las clases de ciencias, ¿Fuente de problemas o fuente de riqueza?". En: *Aula Innovación educativa*. 1994, p. 18.

SATTERLY, D. y SWANN, N. "Los exámenes referidos al criterio y al concepto en ciencias: un nuevo sistema de evaluación". En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1988. 6 (3), pp. 278-284.

SOLOMON, J. "Teaching about the nature of science in the British National Curriculum". En: *Science Education*. New York, N.Y: John Willey & sons. 1991, 75 (1), pp. 95-103.

TAMIR, P. y LUNNETA, V. "Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de Ciencias". En: *Enseñanza de las ciencias*. Barcelona, 1992, 10 (1), pp. 5-12.

VYGOTSKY, L. "Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar." En: *Infancia y aprendizaje*, 1973. Nos. 27 y 28. pp. 105-116. (Reproducción de Artículo de 1934)

WATSON, J.R. "Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias" En: *Alambique*. Barcelona, Grao. 1994, No. 2, pp. 57.

WATTS, M. "Constructivism, re-constructivism and task-orientated problem solving". En: *The content of science*. London: The Falmer Press. 1994.

WHEATLEY, G.H. "Constructivist perspectives on science and mathematics learning". En: *Science education*. New York, N.Y. John Willey and Sons. 75(1), pp. 9-21.

## ARTÍCULOS EN LIBROS

BILASH, O. y CHASTKO, A. "Cooperative Learning." En: *Senior high science teacher resource. Manual-draft*. Canadá. Alberta: Education curriculum branch, 1991. pp. 1-16.

BYBBE, R. y DeBOER, G. "Research on goals for the science curriculum" En: Gabel, D. (edra.): *Handbook of research on teaching and learning*. NY: Mac Millan Pub., 1994, pp. 357-387.

CARR, M.; BARKER, M.; BELL, B.; BIDDULPH, F.; JOHNES, A. ; KIRKWOOD, B.; PEARSON, J. y SYMINGTON, D.. "The constructivism paradigm and some implications for science content and pedagogy". En: Fensham, P. (Ed.) *The content of science*. 1994, pp. 131-146.

CLEMENT, J.. "Métodos observados en la generación de analogías" En: *Cognitive science*, London. 1988, No. 12, pp. 563-586.

COLL, C. "Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: La concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñanza" En: Coll, C.; Palacios y A. Marchesi (comps.) *Desarrollo psicológico y educación, II. Psicología de la educación*. Madrid, Alianza, 1990. pp. 435-454.

DUIT, R.. "Research on students' conceptions: developments and trends". En: J. Novak (Ed.). *Proceedings of the 3. int. seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Ithaca N.Y: Cornell University. 1993.

DUSCHL, R. "Research on the history and philosophy of science." En: Gabel, D. (editora): *Handbook of research on science teaching and learning*. NY: MacMillan Pub. 1994, pp. 443-465.

FENSHAM, P. "Begining to teach Chemistry". En: Fensham, P.; Gunstone, R. y White, R. (eds.). *The content of science*. London: Falmer Press. 1988. pp. 121-122.

FLAVELL, J.H. "Metacognitive aspects of problem solving". En: Resnick, L.B. (Ed.) *The Nature of intelligence*. 1976. Hillsdale, N.J: Earlbaum A.S. pp. 231-255.

GARCÍA MADRUGA, J. "La teoría del aprendizaje verbal significativo". En: Coll, C. y otros. *Desarrollo Psicológico y Educación II*. Madrid: Alianza. 1990.

GENOVAR, C. Y GOTZENS, C. "La teorías clásicas de la interacción social de L.S. Vygotsky". En: *Psicología de la Instrucción*. Madrid: Santillana. 1990. (Colección Aula XXI) pp. 187-188.

GIL, D. "Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias". En: Calatayud, M.L. y otros. *La construcción de las ciencias físicoquímicas*. Valencia: Nau Libres, 1988. pp. 70-74.

GUIDONI, P. "Pre escolar y la Formación Cultural de Base". En: *Papers*. Barcelona: Fundación La Caixa. pp. 26-34.

GUNSTONE, R. y CHAMPAGNE, A. "Promoting conceptual change in the laboratory" En: Hegarty-Hazel (editores). *The student and the curriculum*. Londres: Rutledge, 1990. pp. 159-162.

GUTIÉRREZ D. "Algunas concepciones heredadas del Positivismo Lógico". En: Martínez, E. (comp.). *Ensayos Filosóficos*. México, UNAM, CCH. 1987. pp. 271-285.

IZQUIERDO, M. "Qué son las ciencias. Una reflexión imprescindible para enseñar ciencias". En: Geli, A.M. y Terradellas, M.R. *Reflexiones sobre la enseñanza de las ciencias naturales*. Barcelona: Eumo. 1993, pp. 21-44.

LAWSON, A. "Research on the acquisition of science knowlwdge: epistemological foundations". En: Gabel (edra.) *Handbook of research on science teaching an learning*. New York: MacMillan Pub. 1994. pp. 131-176. (Publicación de la National Association of Research on Science Teaching).

COLL, C. "Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: La concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñanza" En: Coll, C.; Palacios y A. Marchesi (comps.) *Desarrollo psicológico y educación, II. Psicología de la educación*. Madrid, Alianza, 1990. pp. 435-454.

DUIT, R.. "Research on students' conceptions: developments and trends". En: J. Novak (Ed.). *Proceedings of the 3. int. seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Ithaca N.Y: Cornell University. 1993.

DUSCHL, R. "Research on the history and philosophy of science." En: Gabel, D. (editora): *Handbook of research on science teaching and learning*. NY: MacMillan Pub. 1994, pp. 443-465.

FENSHAM, P. "Beginning to teach Chemistry". En: Fensham, P.; Gunstone, R. y White, R. (eds.). *The content of science*. London: Falmer Press. 1988. pp. 121-122.

FLAVELL, J.H. "Metacognitive aspects of problem solving". En: Resnick, L.B. (Ed.) *The Nature of intelligence*. 1976. Hillsdale, N.J: Earlbaum A.S. pp. 231-235.

GARCÍA MADRUGA, J. "La teoría del aprendizaje verbal significativo". En: Coll, C. y otros. *Desarrollo Psicológico y Educación II*. Madrid: Alianza. 1990.

GENOVAR, C. Y GOTZENS, C. "La teorías clásicas de la interacción social de L.S. Vygotsky". En: *Psicología de la Instrucción*. Madrid: Santillana. 1990. (Colección Aula XXI) pp. 187-188.

GIL, D. "Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias". En: Calatayud, M.L. y otros. *La construcción de las ciencias físicoquímicas*. Valencia: Nau Libres, 1988. pp. 70-74.

GUIDONI, P. "Pre escolar y la Formación Cultural de Base". En: *Papers*. Barcelona: Fundación La Caixa. pp. 26-34.

GUNSTONE, R. y CHAMPAGNE, A. "Promoting conceptual change in the laboratory" En: Hegarty-Hazel (editores). *The student and the curriculum*. Londres: Rutledge, 1990. pp. 159-162.

GUTIÉRREZ D. "Algunas concepciones heredadas del Positivismo Lógico". En: Martínez, E. (comp.). *Ensayos Filosóficos*. México, UNAM, CCH. 1987. pp. 271-285.

IZQUIERDO, M. "Qué son las ciencias. Una reflexión imprescindible para enseñar ciencias". En: Geli, A.M. y Terradellas, M.R. *Reflexiones sobre la enseñanza de las ciencias naturales*. Barcelona: Eumo. 1993, pp. 21-44.

LAWSON, A. "Research on the acquisition of science knowlwdge: epistemological foundations". En: Gabel (edra.) *Handbook of research on science teaching an learning*. New York: MacMillan Pub. 1994. pp. 131-176. (Publicación de la National Association of Research on Science Teaching).

LAYTON, D. "Science and technology teacher training". En: Layton, D. (Ed.) *Innovations in science and technology education*. París, UNESCO. 1992. Vol. IV.

LAZAROWITZ, R. y TAMIR, P. "Research on using laboratory instruction in science". En: Gabel, D. (edra) *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: MacMillan Pub. 1994. pp. 94-100. (Publicación de la National Association of Research on Science Teaching).

LEONTIEV, A. "El Problema de la actividad en la Psicología". En: L. Vygotsky; A. Leontiev y A. Luria. *Actividad, conciencia y personalidad en el proceso de formación de la psicología marxista*. 1987, Moscú: Progreso. (Cap. III).

PEREZ, A.I. "La función y formación del profesor en la enseñanza para la comprensión. Diferentes perspectivas". En: J. Gimeno y A. I. Pérez *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata.

SANMARTÍ, N. "La atención a la diversidad en las clases de ciencias, ¿Fuente de problemas o fuente de riqueza?". En: *Aula innovación educativa*, Madrid, Sociedad española de pedagogía. Abril de 1994

SIMPSON, R.; KOBALLA, T.; OLIVER, S. y CRAWLEY, F. "Research on the affective dimension of science learning". En: Gabel, D. (edra.) *Handbook of research on science teaching and learning*. NY: MacMillan Pub. 1994, pp. 211-236.

STRIKE, K. y POSNER, G. "Una revisión teórica del cambio conceptual" En: Duschl, R. y Hamilton, R. (Comps). *La filosofía de la ciencia, la psicología cognitiva y la teoría y la práctica educativa*. Albany: N.Y: State university of New York press. 1993.

STUCKTON, F. y QUESADA, R. "Estadística aplicada a las pruebas de rendimiento escolar". En: Quesada, R. (comp.) *Evaluación del aprovechamiento escolar*. México, UNAM, CISE, 1993.

VYGOTSKY, L. "Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar". En: Vygotsky, L.; A. Leontiev; A. Luria (Comps.). *Psicología y pedagogía*. Madrid: Akal. 1973.

WANDERSEE, J.; MINTZES, J. y NOVAK, J. "Research on alternative conceptions in science". En: Gabel, D. (editora). *Handbook of research on science, teaching and learning*. NY: MacMillan Pub. 1994. pp. 177-210.

## LIBROS

AEBLI, H. *Una didáctica fundada en la psicología de Jean Piaget*. Buenos Aires: Kapelusz. (Tr. Alfredo López).. 1973. 189 p.

ARCA, M.; GUIDONI, P. y MAZZONI, P. *Enseñar ciencia (Tr. Juan Carlos Gentile Vitale)*. Barcelona: Paidós, 1990. (Colección Rosa Sensat). 207 p.

AUSUBEL, D.P, NOVAK, J.; HANESIAN, H.. *Psicología educativa Un punto de vista cognoscitivo*. (Tr.Mario Sandoval Pineda *et al.*).México: Trillas. 1978. 623 p.

BACHELARD, G. *La formación del espíritu científico. ( Tr. De L' Formation del Esprit Scientifique. del mismo autor)*. México, Siglo XXI. Novena Edición 1981. (Primera Edición 1935.)

BELL, B. *Draft forms 1-5. Science syllabus*. Wellington: Ministry of Education. 1995. 60.p.

BLOOM, B.; HASTINGS, J.T. y MADAUS, G.F. *Evaluación del aprendizaje*. Buenos Aires: Troquel. 1975. 4.V.

BLOOM, B. *Taxonomy of educational objectives*. Handbook: N.Y. 1956.

BSCS. *Ciencias Biológicas. De las moléculas al hombre*. (Adaptación de Carmelina Regio Moreno y Alicia Fonseca Araujo).México: CECSA 1973. (Adaptación de la versión azul del Biological Science Curriculum Study)

BYBEE, R. *Reforming science education : Social perspectives and personal reflections* NY/London: Teachers College Press, Columbia Univ. 1993. 198 p.

CALATAYUD, M.L; . FURIÓ, C.; y OTROS. *La construcción de las ciencias fisicoquímicas..* Valencia: Nau Libres. 1990

CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica*. Grenoble: El Pensamiento Sabio, 1985.

CLAXTON, G.. *Educación de Mentes Curiosas*. Madrid: Aprendizaje/Visor. 1994.

COLL, C. *Psicología y currículum*. (Tr. De Ofelia Castillo). México, Paidós. 1995.(Serie: Cuadernos de Pedagogía)...

COLL, C.; PALACIOS. J. y MARCHESI, A. (comps.). *Desarrollo psicológico y educación II. Psicología de la educación..* Madrid: Alianza. 1990

COLODNY, R. (editor). *Problemas del empirismo*. University Press of América. (Traducción de Francisco Hernández Quiroz, Ana Rosa Pérez Ransanz y León Olivé). 1983.

DRIVER, R. *The pupil as scientist?* London: Milton Keynes. Open Univ. Press. 1985.

DRIVER, R. *The construction of scientific knowledge* En: East Sussex: Falmer Press., 1989.

- DRIVER, R.; GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. *Ideas científicas de la infancia y de la adolescencia*. Madrid. Morata,. 1989 (Edición en inglés *Childrens Ideas in Science*. 1985). 310 p. (Colección Educación Primaria Infantil).
- FAURE, E.; HERRERA, F.; LÓPEZ HENRI y otros. *Aprender a Ser: La educación del futuro*. (Versión Española de Carmen Paredes de Castro.) Madrid: Alianza Universidad UNESCO. 1972. 426 p.
- FENSHAM, P.; GUNSTONE, R. y WHITE, R. (eds.). *The content of science. A constructivist approach to its teaching and learning*. Bristol Philadelphia: Falmer Press. 1988. 245 p.
- FEYERABEND, P. *Contra el método : Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. ( Tr. Francisco Hernán) Barcelona, México: Planeta Agostini.. 1987. 185 p.
- GABEL, D.(editora). *Handbook of research on science teaching an learning*. New York: Publicación de la National Association of Research on Science Teaching. NY: MacMillan Pub. 1994. 598 p.
- GALPERIN, P. *Introducción a la psicología*. La Habana: Pueblo y Educación. 1982. 302 p.
- GARCÍA MORENTE, M. *Lecciones preliminares de filosofía*. México: Editores Mexicanos Unidos, Octava edición. 1985. 520 p.
- GENOVAR, C. y GOTZENS; C . *Psicología de la instrucción*. Madrid: Santillana 1990. (Colección: Aula XXI). 370 p.
- GIL, D. *La investigación en el aula de Física y Química*. Madrid: Anaya. 1982
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGOSA, J.. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE-/HORSIRI. 1991 232 p.
- GIL, D y DE GUZMÁN, M.. *Enseñanza de las ciencias y de la Matemática*. Madrid: Popular. 1993. 174 p..
- GIL, D.; PESSOA, A.M.; FORTUNY, J.M.y AZCÁRATE, C. *Formación del profesorado de las ciencias y de la Matemática*. Madrid: Popular, 1994. 140.p.
- GIMENO, J. Y PÉREZ, A.I.. *La enseñanza: su teoría y su práctica*. Madrid: Akal. 1983
- GIMENO, J. y PÉREZ, A.I. *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata. 1992.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: LAIA. MEC. 1988.
- HOYAT, F. *Les Examens*. Les moyens d'évaluation dans l'enseignement Paris: Bourrelhier. 1962. 465p (Instituto de la UNESCO para la educación ).

IPS. *Ciencias Físicas. Introducción experimental* Versión Latinoamericana Cali Colombia.: Norma. 1967. 173 p. (Introducción to Physical Sciences).

KUHN, T.S. *La Estructura de las revoluciones científicas*. México. Fondo de Cultura Económica. 1971. 319 p.

LABARRERE, A.F.. *Bases psicopedagógicas de la enseñanza de la solución de problemas matemáticos en la escuela primaria*. La Habana: Pueblo y Educación. Sexta edición. .1987. 147 p

LEONTIEV, A.; VYGOTSKY, L. LURIA. A. *Actividad, conciencia y personalidad en el proceso de formación de la psicología marxista*. Moscú: Progreso. 1989.

MARDONES, J.M. y URSÚA N *Filosofía de las ciencias humanas y sociales. Material para una fundamentación científica*. México: Fontamara, 1992, 4a. Edición. 260 p.

MOULINES, U. *Exploraciones metacientíficas. Estructura, desarrollo y contenido de la ciencia*, Madrid: Alianza Editorial. 1982. 371 p.

NADEAU, R. Y DÉSAUTELS, J. *Epistémologie et didactique des sciences*. 1984. Citado por Sanmartí, N. en: *Proyecto docente e Investigador en Didáctica de las Ciencias*. 1995.

NOVAK, J.D. y GOWIN, B.. *Aprendiendo a aprender*. (Tr. Juan M. Campanario). México: Martínez Roca. 1988. 228 p. (Serie: Educación.Martínez Roca.)

NUFFIELD FOUNDATION. *Nuffield. Junior science*. Londres: W. Collins Sons & Co. 1967

NUFFIELD FOUNDATION. *Ciencia combinada*. Barcelona: Reverté. 1974.

NUFFIELD FOUNDATION. *Biología*.. Barcelona: Omega. 1975

NUFFIELD FOUNDATION, *Science teaching project: Química, curso modelo fases I y II*. Barcelona, México, Reverté. 1970

OSBORNE, R y FREYBERG, P. *El aprendizaje de las ciencias. Influencia de las ideas previas de los alumnos*. (Tr. Jorge Lorbar)Madrid: Narcea. 1994. 299 p.

PIAGET, J.. *Psicología y epistemología*. Barcelona: Ariel. 5a. Edición. 1972. 189 p.

PIAGET, J. *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Ariel. 1969.

POPPER, K. *Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista*. (Tr. Carlos Solís Santos).Madrid: Tecnos, 3a. Edición. 1974. 325 p.

POPPER, K. *Conjeturas y Refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona, Paidós. 1967.513 p. ( Serie Paidós Básica).

PROYECTO SCIS. Berkeley: Mc. Nally. 1971. (Complementado con la versión moderna: SCIS 3. Hidson: Delta Education. 1992).

POZO, J.I. *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor. 1987

RIBES IÑESTA, E. *El Conductismo, reflexiones críticas*. Barcelona: Fontanella. 1982. 139 p. (Breviarios de Conducta Humana 24)

S/a.. *Cooperative learning workshop Module 8*. Alberta, Canadá. 1995. 120 p.

SPACE. *Science processes and concept exploration. Nuffield primary science. Materials. Teachers' Guide*. London: Collins Ed. 1993.

*THE SALTERS. Chemistry course..* (13-16). University of York. Science Education Group 1987. 1 v.

TOULMIN, S. *La comprensión humana. El uso colectivo y la comprensión de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial. 1977. (Serie 999)

TROWBRIDGE, L. y BYBEE y R. SUND, r. *Becoming a secondary school science teacher*. Columbus, Ohio: Merrill Publishing Co. 5th. edition. 1990. 348 p.

VYGOTSKI, L.(Edición original 1935). *Pensamiento y lenguaje*. México: Quinto Sol. (Primera Reimpresión). 1990

WERTSCH, J.V. *Vygotsky y la formación social de la mente*. (Tr. Javier Zenón y M. Cortés). Barcelona: Paidós. 1988. 264 p.

WOOLNOUGH, B. y ALLPSO, T. *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press. 1985. 86 P.

## TESIS

CARRASCOSA, J. *Tratamiento didáctico en la enseñanza de las ciencias de los errores conceptuales*. Tesis Doctoral, Valencia: Servicio de publicación de la Universidad de Valencia. 1987.

GÓMEZ, C.M. *El método científico en la formación básica del alumnado del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Tesis de Maestría, México, UNAM, Facultad. de Filosofía y Letras. 1987.

GUTIÉRREZ, R. *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad*. Tesis Doctoral. Madrid, Universidad Complutense, Facultad de Psicología. 1994.

PORLÁN, R. *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. 1989.

## PONENCIAS

AZCÁRATE, C.; ESPINET, M.; IZQUIERDO, M. y SANMARTÍ, N.. "El papel de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Didáctica de la Matemática en el curriculum de formación del profesorado". Ponencia presentada a las *Jornades: las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela. 1990. (Fotocopiado). pp. 12-15

CHRISTLIEB, C. "Dificultades que tiene el alumno del Colegio de Ciencias y Humanidades del sexto semestre, Plantei Sur, en el manejo del Método Científico Experimental" En: *Memorias del Primer foro de investigación en el proceso enseñanza-aprendizaje*. México, CCH, UNAM. 1981.

DUSCHL, R. "Beyond cognition: The epistemic and social challenges of conceptual change teaching". En: *Memorias del IV congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias y de las matemáticas*. Barcelona: Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad Autónoma de Barcelona. 1993.

DUIT, R. "Research on students conceptions: developments and trends." En J. Novack (ed.) *Proceedings of the 3d. Int. Seminar on Misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Ithaca, N.Y; Cornell University. 1993.

GARCÍA, J. E. "Fundamentación teórica de la educación ambiental: Una reflexión desde las perspectivas del constructivismo". *Memorias del II congreso andaluz de educación ambiental*. Sevilla: Junta de Andalucía. 1994

GÓMEZ, C.M. "En defensa de la enseñanza aprendizaje del Método Experimental" *Ponencia presentada en el Seminario Taller para la Revisión del Plan de Estudios. Primera Aproximación*. México, UNAM, CCH,. 1992. Inédito. Fotocopiado. (Centro de Documentación Académica del CCH).

RIGO LEMINI, M. A. "La aproximación constructivista del diseño curricular." *Ponencia presentada en el Seminario la Psicología Educativa y los Procesos Curriculares*. México, UNAM, Facultad de Psicología. 1992. Inédito. Fotocopiado.

SEMINARIO DE EPISTEMOLOGÍA DEL PLANTEL VALLEJO. "Algunas reflexiones de orden epistemológico para la modificación del plan de estudios" *Ponencia presentada a la mesa No. 1 de la consulta sobre la propuesta de revisión del plan de estudios*. Mayo de 1994. México, UNAM, CCH. Inédito. Fotocopiado. (Centro de Documentación Académica del CCH).

## DOCUMENTOS OFICIALES DE LA UNAM Y DEL CCH

COMISIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DEL ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES. *Acerca del método científico experimental en el bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades*. México, UNAM, CCH, 1995. (Cuadernillo No 39 de la Revisión del Plan de Estudios).

COMISIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DEL ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES. *Marco conceptual para los programas de estudio del área de ciencias experimentales* México, UNAM, CCH. 1995. (Cuadernillo No. 48 de la Revisión del Plan de Estudios).

COMISIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DEL ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES. *Marco conceptual del área de ciencias experimentales* México, UNAM, CCH. 1995. (Cuadernillo No. de la Revisión del Plan de Estudios).

AGUILAR CASAS M. Y COMISIÓN PARA LA REVISIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS. *Las áreas en el plan de estudios del bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades*. México, UNAM, CCH. 1995. (Cuadernillo No. 37 de la Revisión del Plan de Estudios).

ORTIZ DE THOME, C.; ORTIZ, A.; BAZÁN, J. y otros. *Compilación de programas*. (Documento de Trabajo). México, UNAM, CCH, 1975-1976. II parte. (Secretaría Auxiliar Académica)

*PROGRAMAS (Documento de trabajo)*. México, UNAM, CCH, DUACB, 1979. (Secretaría auxiliar académica).

"*Proyecto para la creación del colegio de ciencias y humanidades*". En: *Documenta*. México, UNAM, CCH. 1979, No.1 (reproducción del texto original aparecido en la Gaceta UNAM de Enero 21 de 1971).

"*Reglas y criterios de aplicación del plan de estudios*". En: *Documenta*. México, UNAM, CCH. 1979, pp. 13-14. (reproducción del texto original aparecido en la Gaceta UNAM de Enero 21 de 1971).

"*Descripción de Programas de la Unidad Académica del Ciclo del bachillerato*". En: *Documenta*, México, UNAM, 1979. No. 1. (reproducción del texto original aparecido en la Gaceta UNAM de Enero 21 de 1971).

S/a. "Criterios de eficiencia en la labor de maestros del Colegio de Ciencias y Humanidades" En: *Curso para aspirantes a profesores del CCH*. México, UNAM, CCH. 1973. Documento Interno de trabajo. Fotocopiado.

S/a. *El bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Información para profesores, México, UNAM, CCH. 1978. Documento Interno de trabajo. Fotocopiado

UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, División de estudios de posgrado, Departamento de pedagogía. *Doctorado en pedagogía*. 1997. 154 p.

VELÁZQUEZ C., R. *Panel sobre cambios recientes en la educación media superior. El Caso del Colegio de Ciencias y Humanidades*. México, UNAM, CCH. Julio de 1976.

UNAM, COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES, UNIDAD ACADÉMICA DEL CICLO DE BACHILLERATO, *Plan de estudios actualizado*. México: Secretaría de Divulgación del CCH. 1996.

## MATERIALES, DOCUMENTOS Y ARTÍCULOS INÉDITOS

ALONSO, M.; GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. *Evaluar no es calificar. Material de formación de profesores*. València, Universitat de València. Departamento de didáctica de las ciencias experimentales. 1995. (Fotocopiado). 5p.

DE LA CRUZ, A. "Evaluación del conocimiento y su adquisición". *Material de formación de profesores*. Madrid,. Universidad Autónoma de Madrid, Instituto de Ciencias de la Educación, Servicios de actualización para la docencia universitaria. (SADU) 1996.

GÓMEZ, C.M. *Estudio longitudinal del aprendizaje del MCE en tres planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Producto de labores académicas 1986-1987. México, UNAM, CCH, (Centro de Documentación Académica). Material Inédito. Fotocopiado.

GÓMEZ, C. M.; CHAVARRÍA, M.L. y PERALTA, D. *Investigación sobre el manejo teórico-práctico del MCE con alumnos egresados de diversas modalidades de bachillerato*. México, UNAM,. Facultad de Química. Depto. de Ciencia Básica. Documento Interno de Trabajo. Fotocopiado. 1988.

GÓMEZ, C.M.; PERALTA, D.; ANDRADE, Y; SÁNCHEZ HIDALGO, L.M. y VÁZQUEZ, E. *Estudio diagnóstico sobre el aprendizaje del MCE en contraste con la experiencia vivida por los alumnos que egresan del bachillerato del CCH*. Producto de labores académicas de 1992-1993, México, UNAM, CCH. Inédito. Fotocopiado. (Centro de Documentación Académica del CCH).

GÓMEZ, C.M.; PERALTA, D.; ANDRADE, Y; SÁNCHEZ HIDALGO, L.M. y VÁZQUEZ, E. *Investigación sobre la práctica docente de los profesores de asignatura del CCH Plantel Sur*. Producto de Labores Académicas 1994-1995. México, UNAM, CCH. Inédito. Fotocopiado (Centro de Documentación Académica del CCH).

SANMARTÍ, N.. *Proyecto docente e investigador en didáctica de las ciencias*. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. 1995. Material Inédito. (Fotocopiado con autorización de la autora en estancia de investigación en Barcelona en 1996). 348 p.