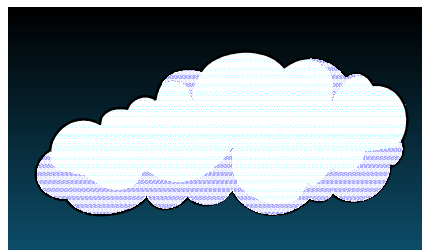
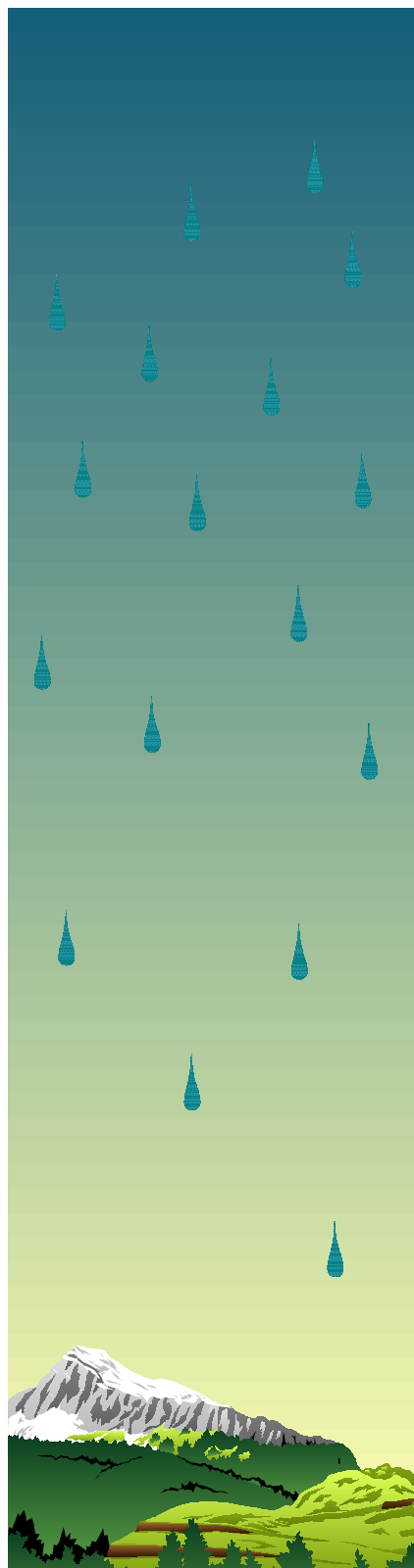


Nicolás Marín Martínez

La enseñanza de las Ciencias en Primaria



LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN PRIMARIA

NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ

PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Almería, Septiembre'2003

ÍNDICE

Introducción	7
PARTE 1. La Didáctica de las Ciencias Experimentales en el currículo del Maestro	11
1.1. La enseñanza de las ciencias en primaria	11
1.1.1. ¿Para qué enseñar ciencias en primaria?	12
1.1.2. Nociones básicas para entender mejor los problemas de la enseñanza de ciencias	16
1.1.3. De una enseñanza de ciencias intuitiva a una fundamentada	21
1.2. La formación del maestro como docente de ciencias	28
1.2.1. El modelo tradicional para la enseñanza de las ciencias	28
1.2.2. Creencias del futuro docente de ciencias	33
1.2.3. Opciones para la formación del futuro docente de ciencias	35
PARTE 2. Modelos para la enseñanza de las Ciencias	41
2.1. Modelos fundamentados en la construcción del conocimiento de ciencias ..	41
2.1.1. La construcción del conocimiento de ciencias	42
2.1.2. Visiones más y menos adecuadas del conocimiento de ciencias	54
2.1.3. Modelos de enseñanza basados en la analogía del “alumno como científico”	56
2.2. Acercando el conocimiento del aprendiz y el conocimiento de ciencias	61
2.2.1. Diferencias entre el conocimiento de ciencias y el del alumno	61
2.2.2. Limitaciones de los modelos de enseñanza basados en la analogía del “alumno como científico”	65

2.2.3.	Modos de acercar el conocimiento de ciencias al del alumno	68
2.3.	Modelos fundamentados en la construcción del conocimiento del alumno	70
2.3.1.	Visiones más y menos adecuadas del aprendiz de ciencias	70
2.3.2.	La construcción del conocimiento del aprendiz de ciencias	72
2.3.3.	Sugerencias didácticas desde el " <i>alumno como aprendiz</i> "	79
2.3.4.	Modelo por descubrimiento dirigido basado en el " <i>alumno como aprendiz</i> "	87
PARTE 3.	Actividades. Los contenidos procedimentales	93
3.1.	Actividad inicial. Encajando las piezas del programa	93
3.2.	Primera Actividad. Creencias sobre enseñar y aprender	98
3.3.	Segunda actividad. Uso de técnica y recursos. Primera mejora de la Unidad Didáctica	104
3.4.	Tercera Actividad. Adquiriendo habilidades para una enseñanza más procedimental. Segunda mejora de la Unidad Didáctica	116
3.5.	Cuarta actividad. Acercando la Unidad Didáctica al alumnado. Tercera mejora de la Unidad Didáctica	131
	Bibliografía	135

INTRODUCCIÓN

GÉNESIS, ESTRUCTURA Y MÉTODO

Cuando hubo que impartir en el curso 81-82 la nueva disciplina denominada Didáctica del Área de Experiencia, aún no existía un ámbito de conocimiento cuyo objeto de investigación fuera la enseñanza de las ciencias. La única referencia válida para llenar de contenido esta disciplina sólo se podía intuir sabiendo que participaba, junto a otras, en la formación del futuro maestro y que trataba de fomentar sus habilidades docentes para enseñar ciencias en Primaria. El hecho de que la escuela de magisterio de Almería fuera pionera en incorporar las didácticas específicas (ciencias experimentales, matemáticas, ciencias sociales, lengua y literatura, etc.) en la formación del maestro, impidió tomar modelos de otros centros. Ante la ausencia de directrices generales o de cierta coordinación entre escuelas, cada cual fue desarrollando estas nuevas disciplinas con el mejor criterio y esfuerzo personal, haciéndose bueno el dicho de que *cada maestrillo tiene su librillo*.

A lo largo de los 80 se van creando condiciones para que llenar de contenido la Didáctica de las Ciencias no fuera un asunto tan personal:

- En 1984, se establece en el estado español una nueva área de conocimiento: Didáctica de las Ciencias Experimentales. Esto creaba la infraestructura necesaria para que se reconocieran los esfuerzos docentes y de investigación en este ámbito.
- Las revistas sobre enseñanza de las ciencias experimentan un progresivo incremento en calidad y cantidad. A la vez, aparecen los primeros libros con propuestas novedosas para enseñar ciencias.

En la misma década, en un arduo proceso de modificaciones y mejoras de contenidos, me permite tener la sensación de disponer de un diseño para la asignatura donde los contenidos conceptuales guardan un buen equilibrio con los procedimentales. Todo lo cual dejé por escrito en el libro:

Marín, N. (1991). *Criterios de Actuación Didáctica*. El autor: Almería.

Después, durante los 90, las investigaciones propias llevadas a cabo sobre el conocimiento del alumnado con motivo de la elaboración de mi tesis (leída en octubre, 94) y la posterior confección de la memoria para acceder a titular de universidad (leída en septiembre, 96), aportó una buena documentación para realizar un nuevo libro:

Marín, N. (1997). *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.

En cursos sucesivos, la anterior publicación es usada como libro de texto, sin embargo, dos fuentes de información aportan datos sobre la "dureza" de sus contenidos:

- Los apuntes que algunos alumnos elaboran mezclando notas de clase y resúmenes del libro. Estos textos, transcripción de los contenidos del citado libro a un lenguaje sencillo y abreviado, recogen los aspectos que se suelen enfatizar en las exposiciones de clase, omiten otros poco relevantes y ponen de manifiesto qué contenidos resultan a los alumnos más difíciles de comprender.
- Los exámenes de opciones múltiples "tipo test". Un análisis de la frecuencia de elección de las tres opciones de cada ítem durante cuatro cursos sucesivos (más de 800 alumnos) ponen de manifiesto qué conceptos y qué relaciones causales de las que se establecen en la asignatura son más difíciles para los alumnos.

Con toda esta información se va imponiendo como solución diseñar un nuevo libro que facilite al alumno la comprensión. El proyecto se fue demorando debido a que otros exigían mayor atención.

El presente libro lo componen tres partes y se ordena a través de un objetivo de carácter práctico: *el futuro docente de ciencias deberá adquirir los conceptos y habilidades suficientes para enseñar los contenidos de ciencias de Primaria de forma autónoma y bien fundamentada, donde el libro de texto queda sólo como material de consulta*. En fin, se pretende que el futuro docente sea competente para desarrollar una enseñanza de ciencias tal y como propone las actuales demandas educativas.

De acuerdo con el objetivo anterior, el futuro docente de ciencias encontrará en estas páginas *tanto la descripción conceptual de las herramientas didácticas como las instrucciones para su uso*. La habilidad para aplicarlas sobre los diversos contenidos de ciencias, sólo es posible adquirirla cuando las herramientas son usadas de forma reiterada. Algo semejante a lo que hacen los niños para aprender a bailar el trompo. Una y otra vez se ejecutan las mismas acciones (se enrosca la cuerda sobre el trompo y se lanza para que baile). Los aciertos y fracasos sirven para regular las acciones hasta que, después de largo periodo de ejercitación, se adquiere un notable dominio que difícilmente se olvida. Alargando esta analogía, el trompo sería el contenido de ciencias que se desea enseñar, el niño que quiere bailar el trompo sería el aprendiz de maestro que pretende enseñar ciencias, y la cuerda que hace bailar el trompo los contenidos de este libro cuyo orden de exposición se exponen a continuación.

- La **primera parte** muestra el tipo de enseñanza de ciencias que se pretende promover y sus ventajas respecto al que es usual en clase de ciencias. Éste mismo tipo de enseñanza ha inducido en el aspirante a docente de ciencias unas creencias poco adecuadas sobre cómo enseñar. Todo lo cual sugiere que el

camino más lógico para la formación futuro docente sea partir de estas creencias e intuiciones didácticas, hacerle consciente de que las posee, para ir poco a poco cambiándolas por otras habilidades didácticas más fundamentadas y eficaces que serán las que se fomenten en la segunda parte del libro.

- La **segunda parte** presenta una serie de modelos de enseñanza para las ciencias. De cada modelo se expondrán sus fundamentos, posibilidades didácticas y limitaciones para la enseñanza de los diferentes contenidos de ciencias.
- La **tercera parte** contiene una serie de actividades a fin de desarrollar procedimentalmente los diferentes contenidos conceptuales de la primera y segunda parte. Se pretende con estas actividades mejorar la comprensión de tales contenidos, así como preparar al futuro docente de ciencias para que los pueda aplicar en el contexto práctico de clase.

Con todo, la estructura lógica del libro es extremadamente sencilla:

1. Se presenta inicialmente la enseñanza de la ciencia como una encrucijada de conocimientos, entre los que el de ciencias y el del alumno conforma un núcleo bipolar (algo a enseñar - alguien que lo debe aprender). Así vista, la enseñanza de las ciencias se convierte en un esfuerzo por acercar estos dos conocimientos sin predominio de uno sobre el otro.
2. Se analizan las características del modelo tradicional para enseñar ciencias para mostrar que este tipo de enseñanza tiene una visión poco adecuada de la ciencia y del alumno (expresémoslo así [-,-]). A la vez, el futuro docente de ciencias, que hasta el momento ha sido sujeto de la enseñanza tradicional, tiene una visión de la enseñanza de las ciencias semejante. Aquí también aparece la estructura lógica [-,-].
3. Se muestran varios modelos para enseñar ciencias cuyo progreso respecto al tradicional emana de su fundamento. Éste conlleva una visión más adecuada del conocimiento de ciencias. Sin embargo como se verá, se continúa manteniendo una visión poco adecuada del aprendiz de ciencias (o sea, [+,-]). Para los que defienden estos modelos, el *malo de la película* es el modelo tradicional y el *bueno*, por supuesto, el suyo.



4. Se establece un nuevo modelo para la enseñanza de las ciencias basado en una visión más adecuada del conocimiento del alumno, considerando los progresos de los modelos anteriores [+,+]. No es difícil adivinar en este caso quiénes juegan los papeles de *bueno y malo*.
5. Se termina argumentando que cada modelo tiene sus defectos y virtudes (depende de las metas educativas y de los contenidos a enseñar). En este sentido, los modelos de enseñanza, más que oponerse, se complementan. Esta *perspectiva complementaria* sugiere que el futuro docente de ciencias debe conocer las distintas opciones, sus posibilidades y limitaciones. Además debe ser consciente de las dificultades que entraña enseñar ciencias según la visión de los diferentes modelos.

Entender inicialmente esta estructura lógica básica ([-, -], [+,-], [+,+]) es clave para comprender con menor esfuerzo los diferentes contenidos del libro.

ACRÓNIMOS MÁS USUALES		
ACRÓNIMO	TÉRMINO	DEFINICIÓN
DCE	Didáctica de las Ciencias Experimentales	Ámbito de conocimiento que pretende resolver los problemas usuales que surgen en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias
AcC	Alumno como científico	Es una analogía cognitiva que prevé una mejor comprensión de las ciencias si se enseña acorde a como se construye el conocimiento de ciencias
ACA	Alumno como aprendiz	Propuesta para enseñar ciencias acorde con las dificultades que el alumno pone de manifiesto para aprender los diferentes contenidos de ciencias

PARTE 1

La Didáctica de las Ciencias Experimentales en el currículo del Maestro

1.1

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN PRIMARIA

Actualmente, los expertos en enseñanza de las ciencias junto a instituciones competentes, suelen establecer metas educativas en función de su utilidad para el alumnado y para la sociedad. Sin embargo, en la práctica, la principal meta continúa siendo la propedéutica (preparar al alumno para superar niveles académicos).

La distancia entre las metas ideales de los expertos y la práctica de clase no debería ser motivo para justificar "la enseñanza de siempre" y rechazar una enseñanza de ciencias que permita obtener los resultados más satisfactorios. El esfuerzo por un cambio vale la pena, sobre todo por el propio alumnado.

La "enseñanza de siempre" está garantizada "por defecto". Basta con el conocimiento disciplinar del docente y con reproducir una y otra vez la forma de enseñar más usual. Sin embargo, las investigaciones sobre enseñanza de las ciencias muestran que es posible enseñar de otros modos, enseñar otros contenidos y obtener mejores resultados. Se trata de dejar el modo de enseñanza tradicional, donde los pasos del docente se dejan llevar más por la intuición, por otro mejor fundamentado.

1.1.1 ¿PARA QUÉ ENSEÑAR CIENCIAS EN PRIMARIA?

No cabe duda que *aprender ciencias es difícil* para la mayoría del alumnado. Se sabe que la buena adquisición de muchos contenidos de ciencias requiere un lento proceso de cambio de puntos de vista y éste sólo es posible si el alumno lo desea y dispone de suficiente nivel cognitivo para asimilarlo. Además, las adquisiciones procedimentales requieren de materiales para llevar a cabo actividades concretas de observación, experimentación, verificación, etc. También es preciso que el docente tenga cierto conocimiento de las ideas previas del alumnado ya que éste las utiliza como cimientos para sus nuevas construcciones cognitivas.

A pesar de la dificultad manifiesta del alumno para aprender ciencias, desde organismos como la UNESCO, el *International Council for Science* (ICSU), la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), el *National Research Council* (NRC), etc., se establecen metas educativas cuya pretensión común es la de ir más allá de la tendencia propedéutica actual (preparar al alumno para ir superando niveles hasta una supuesta especialización). En efecto, en la actualidad se *demandan nuevos retos educativos para la enseñanza de la ciencia* (Furió, Vilches, Guisasola, y Romo, 2001; Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Maiztegui y otros, 2002) tales como:

- El alumno debe adquirir conocimientos de ciencias para que los pueda utilizar en su entorno cotidiano (transferencia del conocimiento escolar). Esta meta es la más referida y las razones que se dan son variadas:

- Para comprender y actuar de un modo más adecuado en el entorno físico y natural (MEC, 1993; Marín, 1997).
- Para poder participar democráticamente como ciudadanos responsables, críticos y comprometidos en la sociedad actual (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Martín Díaz, 2002).
- Para estar mejor adaptado a un mundo tecnológico que es parte sustancial del entorno habitual del alumno (Acevedo, 1996).
- Para conseguir cierta autonomía personal en aspectos importantes de la realidad.
- Para entender adecuadamente la actual sociedad de la información llena de productos (informes, noticias, debates y objetos tecnológicos) de la indagación científica (Maiztegui y otros, 2002). Para buscar información relevante, analizar y evaluar la misma, tomar decisiones respecto a la acción apropiada, reflexionar

sobre los valores implicados en la ciencia y la tecnología y reconocer que la propia decisión está basada en valores (Martín Díaz, 2002).

- Comprender los procesos de construcción del conocimiento de ciencias tratando de evitar las visiones deformadas tan usuales (Fernández y otros, 2002).
- Adoptar la actitud racional, crítica y creativa del trabajo científico para afrontar la realidad a fin de entrever y evaluar lo nuevo y tomar parte de un debate razonado. Es importante contraponer el conocimiento de ciencias al pensamiento supersticioso como forma de actuar como ciudadano activo y crítico, lo contrario supone alienamiento y el retraso del crecimiento democrático (Longbottom y Butler, 1999). También se debe fomentar los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando intervienen la ciencia y la tecnología en la sociedad (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002).

En definitiva, las metas educativas actuales proponen la elección de unos contenidos académicos de ciencias, en función de su utilidad para el individuo y para la sociedad donde vive y no tanto por el posible valor que posea el contenido por sí mismo. No obstante, si el diseño de la enseñanza de ciencia actual centra su preocupación en supuestos beneficios para el alumno, la dificultad que tiene el alumno para asimilar los contenidos continúa siendo alta.

Esta serie de metas educativas también se pueden deducir, junto con algunas más, y percibirse como complementarias y coordinadas desde la perspectiva **CTS**. Esta visión de la educación en ciencias subraya especialmente las relaciones de la ciencia con la tecnología y la sociedad, *"propicia la contextualización social de los contenidos científicos y tecnológicos, analiza los impactos sociales que provocan la ciencia y la tecnología en la sociedad y promueve la posibilidad de una participación responsable, bien informada y con fundamentos, de los ciudadanos en las políticas científicas y tecnológicas para un desarrollo más justo y sostenible, así como la toma de decisiones democráticas sobre estos importantes asuntos de interés público, como pueden ser las decisiones relativas a la preservación del medio ambiente en todos los órdenes"* (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002).

Con frecuencia, para concretar las metas educativas, los contenidos y objetivos de la enseñanza se suelen formular en tres niveles: conceptual, procedimental y actitudinal. Esta diferenciación se fundamenta en que las condiciones de enseñanza son diferentes en cada nivel, así como las dificultades para ser aprendidos (Coll, 1992). Ahora bien, esta distinción es, sobre todo, de carácter formal, ya que los tres aspectos, conceptual, procedimental y actitudinal, suelen intervenir interrelacionados en cualquier construcción cognitiva. De hecho, la principal razón para promover la enseñanza de los tres tipos de contenidos es que en ausencia de los dos últimos, los conceptuales se adquieren de

forma precaria, usualmente por memorización y suelen olvidarse con rapidez. Así pues, los contenidos se suelen formular en tres importantes apartados:

- **Conceptual.** Son la mayoría de contenidos que se recogen en los libros de texto. Es la versión conceptual de los fenómenos, leyes, principios y teorías de ciencias. La versión declarativa de la ciencia. En su enseñanza se pretende que el alumnado comprenda lo enseñado y, sobre todo, a que pueda transferir el conocimiento adquirido a nuevos contextos, y en concreto, su uso en el entorno cotidiano.
- **Procedimental.** Estos contenidos hacen referencia al desarrollo de capacidades para resolver problemas, realizar diseños experimentales o desarrollar un pensamiento hipotético-deductivo. También se habla de desarrollar habilidades propias del pensamiento formal.
- **Actitudinal.** Es usual distinguir entre actitudes científicas (rigor, curiosidad, honestidad, interés, inclinación a negociar significados en grupo, sentido de competencia tolerante, búsqueda de consenso y actitud tolerante ante el desacuerdo, etc.) y actitudes hacia la ciencia (valoración del trabajo científico, imagen del avance científico, importancia de la ciencia para la sociedad, etc.). También son importantes de fomentar las actitudes positivas hacia la ciencia que se enseña, hacia los hábitos de higiene o hacia la conservación del medio ambiente.

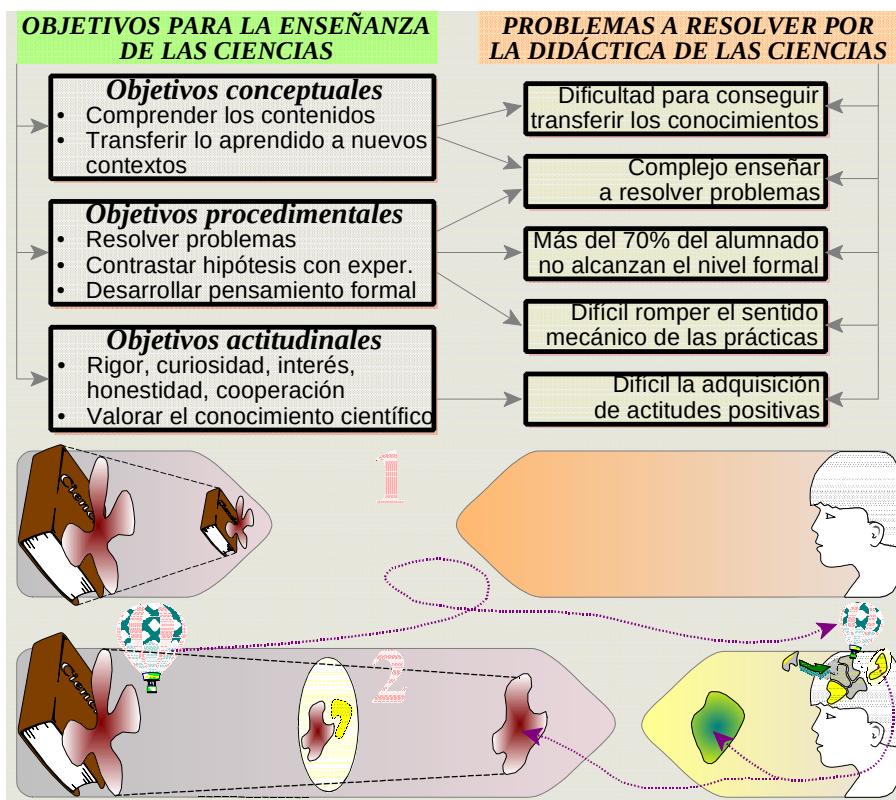
La práctica de clase ha mostrado la gran dificultad que existe para lograr que el alumnado pueda transferir lo aprendido en un contexto escolar al cotidiano, evitar que la resolución de problemas y las prácticas de laboratorio se lleven a cabo de forma mecánica, con poca comprensión de lo que se hace, o fomentar actitudes semejantes a las científicas (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Es curioso observar que unos objetivos que se diseñan pensando en que la educación del alumnado sea más completa y adecuada, también sean más difíciles de conseguir.

Habría que ser más realistas diseñando listas de metas educativas. No basta con que las intenciones de éstas y su utilidad sean loables, también es necesario contar con la disposición y nivel cognitivo del alumnado si se quiere lograr los objetivos propuestos. Por ejemplo, se indica que el alumno **aprenda a hacer ciencia** aun cuando se sabe de la gran dificultad y las condiciones especiales de enseñanza para adquirir contenidos procedimentales (Lawson y otros, 1991; Roth, 1990; Shayer y Adey, 1993) o que **aprenda sobre ciencia** cuando se sabe que esto supone activar ciertos procesos metacognitivos que requieren construcciones cognitivas superiores a las de operaciones formales (Karmiloff-Smith, 1994). Es paradójico que se proponga hacer y aprender sobre ciencia como medida didáctica para comprender mejor los contenidos de ciencia cuando lo más difícil es aprender la medida didáctica.

Así pues, para que termine siendo útil al alumno lo que se le enseña es importante tener en cuenta qué es lo que es capaz de aprender. En consecuencia, las metas educativas deben establecerse considerando criterios disciplinares, pero también, considerando las ideas previas del aprendiz, su nivel cognitivo y su modo de aprender (Jiménez Aleixandre y Sanmartí, 1997). Por ejemplo, antes de proponer qué debe aprender el alumnado de Educación Secundaria, es importante saber que la mayoría aún no ha alcanzado el nivel de operaciones formales (Piaget, 1977b; Shayer y Adey, 1984).

La **enseñanza de las ciencias** se podría entender como un esfuerzo para acercar el conocimiento de ciencias al que posee el alumno. El acercamiento se puede llevar a cabo de varios modos según el peso que se dé a cada conocimiento:

a) **Prioridad al conocimiento de ciencias.** El conocimiento académico se diseña simplificando el de ciencias según el nivel académico donde se vaya a impartir. Los criterios de simplificación se toman del mismo conocimiento de ciencias, pero procurando mantener o respetar la formalidad que posee un conocimiento de tan alto valor intrínseco. La principal meta educativa es lograr que el alumno vaya superando los diferentes niveles académicos (preparación propedéutica). Este modelo es el que normalmente se ha usado y se sigue usando en las clases de ciencias.



b) **Prioridad al conocimiento del alumno.** El conocimiento académico se diseña a fin de enriquecer el conocimiento del alumno. Se trata de ayudar al alumno a superar sus limitaciones cognitivas. Así:

- Si su conocimiento es egocéntrico y subjetivo, se trataría de hacerlo progresivamente más compartido, objetivo y racional.
- Si es demasiado local, se buscaría desarrollarlo para, por ejemplo, ser capaz de asimilar escalas espaciales y temporales cada vez más amplias.
- Si es excesivamente global, se intentaría hacerlo más segmentado y analítico, a fin de discernir los diferentes componentes del medio y profundizar en ellos sin perder de vista una perspectiva integradora.
- Si no tiene muchas capacidades para procesar información o actuar sobre el medio, se trataría de desarrollar su capacidad de razonamiento y otras habilidades procedimentales tanto intelectivas como manuales. Sería necesario introducir el conocimiento científico, como instrumento y método para ampliar, profundizar, enriquecer y objetivar progresivamente la experiencia personal.

La ciencia no se enseñaría por su valor intrínseco sino porque es un referente útil que permite un desarrollo cognitivo del alumno hacia un conocimiento mejor adaptado a su medio natural tanto para comprenderlo como para actuar en y sobre él.

Entre los anteriores modos de acercar el conocimiento de ciencias y el del alumno habría otras opciones que básicamente difieren en el modo de percibir o considerar el conocimiento del alumno.

A grandes rasgos, la LOGSE (MEC, 1993) fomenta un tipo de enseñanza donde el conocimiento previo del alumno es muy considerado, por el contrario, la LOCE (MEC, 2002), parece poner mayor énfasis en los criterios disciplinares en detrimento del conocimiento del alumno.

1.1.2 NOCIONES BÁSICAS PARA ENTENDER MEJOR LOS PROBLEMAS DE LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS

La enseñanza de las ciencias posee un *vocabulario específico*, en general, ligado a los problemas educativos y, más concretamente, a los problemas que aparecen en la enseñanza de las ciencias. Se pretende ahora precisar el significado de las nociones de aparición más frecuente para su mejor comprensión.

La **Didáctica de las Ciencias Experimentales** (se referirá con el acrónimo DCE) es un ámbito de conocimiento que tiene por objeto de estudio los problemas vinculados a

la enseñanza de las ciencias experimentales (Física, Química, Geología y Biología). Como disciplina, sus contenidos pretenden formar a los futuros profesores de ciencias. En concreto, esta disciplina participa en la formación de los futuros maestros aportando, entre otras cosas, orientaciones didácticas específicas para mejorar la enseñanza del Medio Natural en Primaria.

Los problemas más relevantes que son objeto de investigación desde la DCE son:

- ¿Cuáles son los contenidos de ciencias que deben ser objeto de enseñanza?. ¿qué factores sociales e individuales son lo que deben predominar para establecerlos?
- ¿Qué metas educativas se deben contemplar en la enseñanza de las ciencias?
- ¿Cómo se debe enseñar las ciencias para facilitar al alumno su comprensión?
- ¿De qué modo influyen los conocimientos previos del alumno? ¿qué diferencias básicas se pueden establecer entre el conocimiento del alumno y el de ciencias? ¿difiere el conocimiento del alumno adquirido de forma espontánea en su entorno cotidiano del adquirido en el entorno académico?
- ¿Qué características presenta la construcción del conocimiento de ciencias a considerar en la enseñanza escolar de las ciencias?



Otros conceptos, relaciones y distinciones que aparecen con frecuencia al plantear los problemas ligados a la enseñanza de las ciencias son:

1.1.2.1 Distinción entre enseñar y aprender

- Enseñar se refiere a las condiciones de clase para que el alumno interaccione con el contenido objeto de enseñanza. También se puede definir como el conjunto de acciones que lleva a cabo usualmente el profesor para transmitir un contenido de ciencias.
- Aprender se refiere a las construcciones cognitivas, asignación de significados y adquisiciones memorísticas que lleva a cabo el alumno en su mente, para apropiarse en mayor o menor grado del contenido que se le enseña.

Se puede afirmar que enseñar bien no implica aprender bien, pues enseñar depende del profesor mientras que aprender depende del alumno, de su motivación y conocimientos previos.

Uno de los esfuerzos más importantes de la DCE es establecer condiciones de enseñanza que aumenten la probabilidad de aprendizaje del alumnado.

Existen dos importantes distinciones que ayudan a marcar las diferencias entre enseñar y aprender:

A. Diferencias entre significado y signifiante

- Los *significantes* son instrumentos simbólicos que usamos para declarar o transmitir nuestro conocimiento, para expresar lo que sabemos. Aunque es el más importante, no sólo existe el signifiante verbal también son significantes los gestos de la cara, el ritmo y tono de voz, signos, símbolos, imágenes y gráficos.
- Los *significados* son las asignaciones que el sujeto hace a los significantes a través de sus esquemas de conocimiento. Lo que "pasa" del mensaje del emisor al receptor son los significantes (unidos por la lógica gramatical), después éste le asigna un significado que no es necesariamente igual al del emisor, si bien, suelen compartir un núcleo de significados suficiente como para entenderse (Marina, 1998). El significado del signifiante "árbol" es todo el conjunto organizado de experiencias empíricas y simbólicas que ha llevado a cabo el sujeto con tal objeto. Mientras el signifiante permanece constante, el significado cambia y se enriquece a lo largo del tiempo ya sea por experiencia personal, vicaria o por interacciones simbólicas (usualmente conceptuales).

En clase, para enseñar el profesor usa significantes y lo que le llega al alumnado son estos mismos pero no los significados. Éste asigna sus propios significados a los significantes que le llegan en función de sus conocimientos previos. Investigaciones sobre el tema han mostrado que el cómo se dice tiene tanta importancia o más que el qué se dice (Watzlawick, 1997). Por último saber que la adquisición del significado de

cualquier contenido de enseñanza es una cuestión de grados. Pensar que se puede adquirir la totalidad del significado no es lo más adecuado. Siempre se puede aprender más de cualquier cosa y esto es cierto tanto para el alumno, como para el experto científico.

B. Diferencias entre exposiciones y adquisiciones lineales y no lineales

Se dice que la enseñanza tiene carácter lineal y el aprendizaje no es lineal sino que conlleva procesos mentales más tortuosos. Aclaremos esto.

El profesor procura enseñar siguiendo una secuencia lógica correcta, por eso se dice que su exposición verbal es lineal. También la lectura en voz alta de un libro presenta una secuencia lineal.

Cuando el mensaje es sencillo, se presenta en su versión conceptual y quien lo escucha tiene los esquemas de conocimiento apropiados, es posible que conforme se hace la exposición lineal se produzca una comprensión lineal. Pero esto no es lo usual cuando los contenidos académicos son nuevos.

Una gran diversidad de experiencias realizadas por Piaget con niños y adolescentes (Marín, 1997) muestran que las nuevas construcciones cognitivas requieren procesos de tanteo, rectificación, ensayos y error y otros procesos de "vuelta atrás". Para comprender este proceso complejo de adquisición no habría más que pensar en cómo se aprende a andar o a montar en bicicleta. Usualmente, las adquisiciones espontáneas que se dan en el entorno cotidiano, no son lineales.

En general, los procesos *psicológicos* como asignar significados o realizar nuevas construcciones cognitivas no se pueden describir de un modo lineal y *lógico*.

1.1.2.2 Distinción entre enseñanza de las ciencias (EC) y DCE

- La *enseñanza de las ciencias* se refiere al conjunto de condiciones y acciones externas al alumno, dirigidas a que éste aprenda los contenidos de ciencias que son básicamente los de Biología, Geología, Física, Química. En Educación Primaria, a los contenidos de ciencias experimentales se les denominan también contenidos del Medio Natural y el alumno que debe aprenderlos es el de Educación Primaria.
- Los contenidos de *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (DCE) son modelos de enseñanza, orientaciones didácticas para mejorar la enseñanza de las ciencias, el estudio del conocimiento de ciencias y sus diferencias con el conocimiento del alumno, establecer qué y cómo enseñar, etc. En general los contenidos de DCE son de carácter didáctico y la mayoría de ellos son útiles para formar al futuro docente de ciencias.

Mientras que los objetivos de la EC se refieren a lo que sería deseable que el alumno aprenda, los de DCE se refieren al esfuerzo para crear las mejores condiciones de enseñanza que garanticen el aprendizaje en el alumno.

1.1.2.3 *Distinción entre los contenidos de ciencias, los que son objeto de enseñanza y los que terminan aprendiendo los alumnos*

- Los *contenidos de ciencias* pertenecen al cuerpo de conocimientos de las ciencias y son los que sirven para formar a nuevos científicos, los cuales a su vez realizan nuevas aportaciones que se pueden incorporar al cuerpo de conocimientos si pasan por los filtros de la comunidad de expertos de ciencias y demuestran su utilidad.
- Los *contenidos objeto de enseñanza* son los que se enseñan al alumno. Su referente y punto de partida son los contenidos de ciencias que se acondicionan para ser suministrados en el contexto académico de clase. Acondicionarlos supone hacer versiones que puedan ser asimiladas por el alumno. Muchos autores denominan a este acondicionamiento *transposición didáctica* (Jiménez Aleixandre y Sanmartí, 1997).
- Los *contenidos adquiridos por el alumno* serían lo que queda de los contenidos anteriores (contenidos objeto de enseñanza) una vez que han sido filtrados y asimilados por los conocimientos previos del alumno. Puede quedar sólo memorización, una cierta comprensión o quizá una integración a sus conocimientos previos. Todo dependerá del contenido y método de enseñanza, del nivel cognitivo y de la actitud del alumno para aprender. De cualquier modo se puede afirmar que los significados que se enseñan no son los que se aprenden.

1.1.2.4 *Distinción entre lo declarativo, procedimental y actitudinal*

Las nociones de lo declarativo, lo procedimental y lo actitudinal se han aplicado a diferentes niveles: a un tipo de conocimiento, a las manifestaciones de un tipo de conocimiento, a los contenidos y objetivos de enseñanza, a los métodos para enseñar las ciencias, etc.

Es muy útil distinguir estos tres aspectos del conocimiento pues su aprendizaje requiere estrategias de enseñanza diferentes y muchos problemas de enseñanza de las ciencias pueden ser descritos utilizando esta distinción. Ahora bien, en cualquier construcción cognitiva es usual que se den procesos declarativos, procedimentales y actitudinales conjuntamente.

Refiriéndonos a las manifestaciones cognitivas del sujeto se podría decir que:

- **Lo declarativo** es todo lo que puede ser evocado por el sujeto a través de algún tipo de significante (signos, gestos, señales, dibujos, gráficos, verbales). Es lo que

sabemos decir. Ejemplos: recitar una poesía, dar una explicación. Usualmente el conocimiento declarativo es conceptual.

- ***Lo procedimental*** se refiere a lo que sabemos hacer. Es procedimental el conjunto de acciones que puede realizar el sujeto y el modo de procesar la información. Lo que es capaz de hacer. Ejemplos: jugar al tenis, resolver un problema, realizar una experiencia, formular una hipótesis, hacer un trabajo manual. Buena parte del conocimiento procedimental podemos expresarlo declarativamente, pero existe cierta porción de tal conocimiento que es implícito para el sujeto ("sabe hacer pero no decir").
- ***Lo actitudinal*** hace referencia a las tendencias o disposiciones adquiridas y relativamente duraderas a evaluar de un modo determinado un objeto, persona, situación, idea, etc. (Sarabia, 1992), o dicho de otro modo, la actitud representa la posibilidad de manifestarse en una dirección determinada. En la formación de una actitud hacia un objeto interviene tanto la parte cognitiva del sujeto como su parte afectiva.

1.1.3 DE UNA ENSEÑANZA DE CIENCIAS INTUITIVA A UNA FUNDAMENTADA

Es usual creer que un buen profesor de ciencias es quien posee un buen conocimiento de ciencias, sin embargo, no es raro ver a un profesor que sabe mucho pero su enseñanza no es comprendida por sus alumnos y, al contrario, un docente que sabe menos de la materia y sus alumnos comprenden bien sus explicaciones. Y es que estamos hablando de dos cosas diferentes: enseñar y aprender. Sólo la buena comunicación (cognitiva y afectiva) entre profesor y alumnos puede despertar la motivación y el entendimiento en estos últimos.

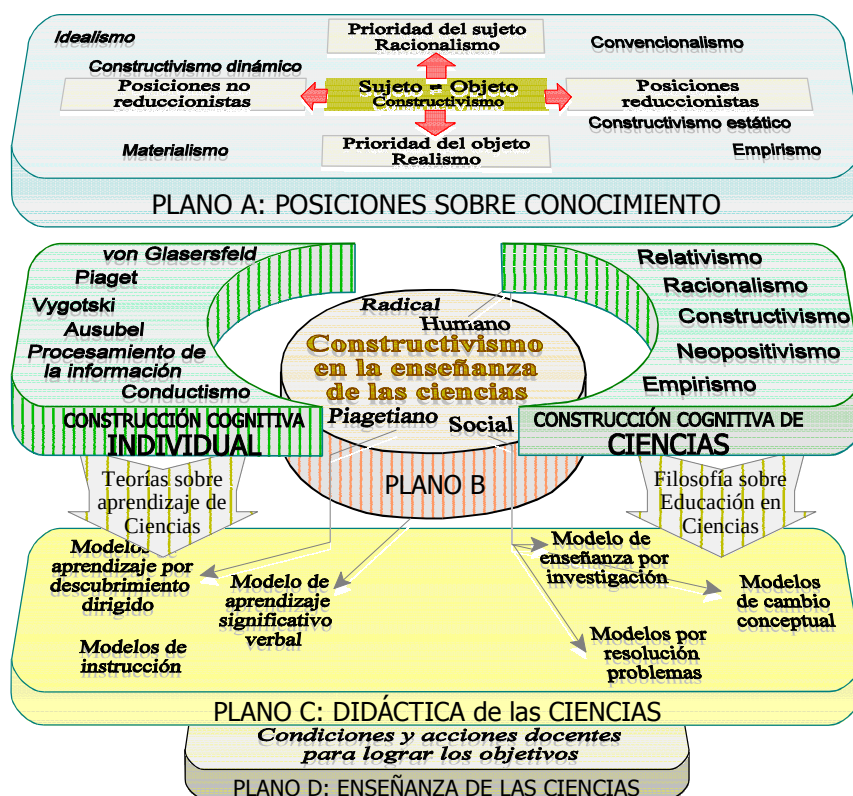
Otra creencia no muy acertada se podría formular así: "aprender es fácil, basta que el profesor enseñe de acuerdo con la lógica de su disciplina". Esta creencia suele llevar otra pegada a ella: "si después de la buena explicación del profesor el alumno no ha entendido es por su torpeza o es que no vale para las ciencias".

Desgraciadamente estas creencias son mantenidas usualmente por muchos docentes. Uno de los objetivos de la DCE es mostrar los errores que contienen tales creencias y abrir nuevos caminos para la enseñanza de las ciencias que acerquen los objetivos e intereses del profesor y los de los alumnos que no tienen porqué ser antagónicos.

La DCE es un nuevo cuerpo de conocimientos formado por docentes e investigadores preocupados por mejorar la enseñanza de las ciencias. Poco a poco, partiendo de esta preocupación básica han ido construyendo un conjunto de conocimientos compartidos

para desarrollar modelos de enseñanza bien fundamentados que mejoran sustancialmente el modo usual de enseñar.

También es cierto que en DCE no ocurre lo mismo que en Física donde se puede mantener que si aumentamos al doble la intensidad de la fuerza que se ejerce sobre un cuerpo, su aceleración también se multiplica por dos. En efecto, no se puede mantener con firmeza que si usamos tal método todos los alumnos aprenderán la lección o que si le damos doble ración de método aprenden el doble. Además, un profesor que no sepa nada de DC puede dar excelentes clases con sólo tener cierto sentido común para comunicarse y negociar con sus alumnos los contenidos. No obstante, se puede mantener, incluso para este profesor, que los conocimientos de DC aportan una mejor comprensión de los problemas de enseñanza y dan orientaciones que pueden mejorar las clases de ciencias.



Veamos más de cerca como está estructurado el ámbito de conocimiento de DC, cuáles son sus fundamentos y su relación con la práctica de clase. Para esto se va a precisar cuatro planos de conocimiento (A, B, C y D) que difieren entre sí en el grado de generalidad del entramado conceptual que profesan, pero que determinan y configuran la actividad del ámbito de la *Didáctica de las Ciencias*:

Plano A:

Plano donde se establecen *las posiciones sobre el origen y construcción del conocimiento*. Este plano contiene conceptos con un nivel de generalidad mayor que el resto, así es usual utilizar términos como mecanicismo, organicismo, empirismo, racionalismo, idealismo, constructivismo, etc. Al fin y al cabo la enseñanza de las ciencias se puede ver como una encrucijada de conocimientos: académico, cotidiano, de ciencias, del alumno o del profesor, y aclarar asuntos del conocimiento permitirá fundamentar mejor las decisiones que se tomen en DCE.

Plano B:

Este plano está constituido por dos áreas bien diferenciadas pero que comparten una función semejante: la de servir de fundamento de los modelos de enseñanza y de las investigaciones del nivel inmediato inferior (plano C). Las dos áreas son las siguientes:

a) Teorías psicológicas con capacidad para explicar y dar respuestas a los problemas de aprendizaje que se perciben en el alumnado de ciencias. Tal es el caso de la propuesta de aprendizaje significativo de Ausubel (1982), la teoría de equilibración de Piaget (1978) o la propuesta realizada por Vosniadou (1994). La inferencia básica para hacer propuestas para la enseñanza de las ciencias es la siguiente: "*obsérvese cómo aprende el alumno y enséñese en consecuencia*".

b) Teorías sobre la construcción social del conocimiento de ciencias, denominadas genéricamente "epistemología de las ciencias". Autores usualmente citados son Kuhn, Lakatos, Toulmin y Laudan. La inferencia básica para hacer propuestas didácticas desde los planteamientos de epistemología de las ciencias es la siguiente: "*obsérvese cómo se lleva a cabo la actividad del científico para tratar de reproducirla, salvando diferencias, en el aula*". También vale decir "*obsérvese las mecánicas de construcción social del conocimiento de ciencias y enséñese en consecuencia*".

Plano D:

Ubicado por debajo del resto de planos, se encuentra el *plano de la enseñanza de las ciencias* donde se desarrollan las acciones docentes encaminadas a provocar interacciones entre los contenidos de enseñanza de ciencias y los conocimientos de los alumnos, con los más diversos métodos de enseñanza. Es también donde se generan los problemas de aprendizaje que suelen ser objeto de preocupación e investigación en el plano inmediato superior C.

Plano C:

Por encima y próximo al plano de enseñanza (D), se extiende el *plano de las propuestas didácticas y líneas de investigación de la Didáctica de las Ciencias* conformado por un conjunto de contenidos cuyo denominador común es la búsqueda de soluciones para

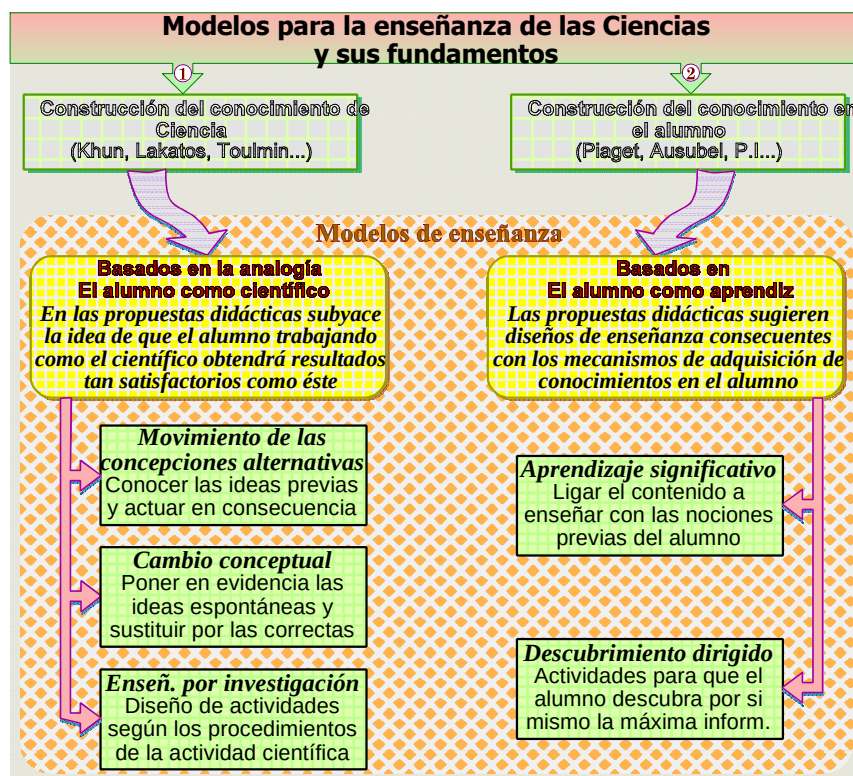
resolver los problemas que se generan en el plano inferior. Las concepciones del alumnado, su nivel cognoscitivo, la evaluación de la eficacia de propuestas didácticas, la resolución de problemas, la formación de profesorado, etc., son líneas de investigación que delimitan este plano.

Además de las líneas de investigación, también habría que resaltar en este plano C las propuestas curriculares, los modelos de enseñanza y las técnicas y recursos didácticos, cuya delimitación sería la siguiente:

- ***Propuestas curriculares.*** Se refieren a amplios proyectos o sistemas educativos que abarcan todos los conocimientos disciplinares y distintos niveles educativos. Por ejemplo, la LOGSE o la LOCE contienen un planteamiento general sobre lo que debe ser la educación en coherencia con las características de la sociedad que se pretende forjar. Usualmente, las propuestas curriculares para cada disciplina, como para el caso de las ciencias, abarcan los siguientes elementos: metas educativas, objetivos de enseñanza, metodología, contenidos y evaluación. Es un concepto más amplio que el de modelo de enseñanza que básicamente se refiere a la metodología.
- ***Modelos de enseñanza.*** Es una propuesta genérica para enseñar diferentes contenidos de ciencias. Contiene sugerencias para estructurar, organizar y secuenciar las clases de ciencias. En concreto, especifica el tipo de interacción entre profesor y alumnado, entre los alumnos y entre éstos y las situaciones didácticas de clase asociadas al contenido a enseñar. Cada modelo tiene una relación de subordinación con algún cuerpo teórico que sirve de apoyo o fundamento. A partir de éste se puede deducir buena parte del modelo y muchas de las tomas de decisiones racionales que contiene. Los cuerpos teóricos se refieren a modelos sobre la construcción del conocimiento de ciencias, a una teoría de aprendizaje o ambas cosas a la vez. Más o menos explícito, a todo modelo se le puede asignar una determinada posición epistemológica.
- ***Técnicas y recursos específicos del contenido.*** Se refieren a situaciones y materiales concretos que pueden ser usados eficazmente para enseñar un determinado contenido de ciencias. Por ejemplo, manipular un modelo del sistema solar, utilizar un franelograma para el ciclo del agua o usar diversas palancas para simular la acción de los músculos. Es una noción más concreta que la de modelo de enseñanza.

Centrando la atención en los modelos para la enseñanza de las ciencias, todos ellos tienen en común su intento de superar las limitaciones de la enseñanza tradicional. Según sus fundamentos se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Modelos de enseñanza que se fundamentan en algún aspecto de la construcción del conocimiento de ciencias. Las disciplinas usadas para estos modelos son la Historia y la Filosofía de las Ciencias. Estos modelos comparten un tratamiento de la cognición del alumno semejante que se perfila desde las construcciones cognitivas hechas en el plano de ciencias, de ahí que la expresión “*el alumno como científico*” (*AcC*) sea la que mejor las sintetiza.
- Modelos de enseñanza que se fundamentan en algún modelo sobre la construcción del conocimiento de ciencias. La disciplina más usual para apoyar estos modelos es la psicología. Las ramas más consideradas son la psicología del aprendizaje, psicología cognitiva o psicología evolutiva. Se denominarán, modelos para la enseñanza de las ciencias considerando al “alumno como aprendiz” o *AcA*.



A. Modelos de enseñanza basados en la analogía del alumno como científico.

En los modelos de enseñanza basados en *AcC* subyace una cadena de inferencias muy similar y cuya estructura lógica se podría formular en dos pasos:

- La *premisa* está constituida por argumentos que se toman de algún aspecto de la construcción del conocimiento de ciencias. Los más usuales son:
 - a) la historia de la ciencia bajo el supuesto paralelismo entre ideas científicas a lo largo de la historia e ideas del alumnado,

b) los mecanismos lógicos y epistemológicos propuestos para explicar el progreso de las teorías de ciencias y

c) las características de la actividad científica.

- las *implicaciones* para la enseñanza de las ciencias se deducen de las premisas y aluden a la necesidad de un buen acuerdo entre las estrategias de enseñanza de ciencias y el modo de desarrollarse la actividad de ciencias.

En este tipo de argumentos *se supone que los procedimientos que han mostrado ser eficaces y productivos o han supuesto progreso en el plano de las ciencias, al reproducirlos adecuadamente en la clase de ciencias, producirán sobre el alumno un efecto igualmente benéfico*. En concreto, se estima que el rendimiento académico del alumno mejorará.

Basados en la analogía *AcC* cabe destacar tres modos o modelos para abordar la enseñanza de las ciencias que han gozado de una amplia aceptación en este ámbito:

- El primero de ellos, muy difundido en la década de los 80, fue denominado por algunos autores como *movimiento de las concepciones alternativas (MCA)* (Gilbert y Swift, 1985; Driver y Oldhan, 1986; Driver, 1988; Driver, Guesne y Tiberghien, 1989). En el marco de este movimiento, se elaboraron multitud de trabajos cuya estructura básica presenta dos fases: a) se toma cierta información del alumno relativa a lo que conocía del contenido de ciencias a enseñar y b) se establecen propuestas para la enseñanza de dicho contenido basadas en la información encontrada (Marín y otros, 2001).
- El *modelo de cambio conceptual (MCC)*, presenta cierta diversidad en sus estrategias de cambio (Posner y otros, 1982; Hashweh, 1988; Hewson y Thorley, 1989; Hewson, Beeth y Thorley, 1998; Duit, 1999), pero en todos ellos contemplan una primera fase donde se busca debilitar las ideas previas del alumno haciéndolas entrar en conflicto cognitivo con evidencias empíricas o argumentos teóricos y, en una segunda fase, se presentan los conceptos correctos de ciencias como ideas que son más plausibles y útiles para explicar tales evidencias y argumentos. Para realizar los diseños de enseñanza dirigidos a crear los conflictos se usan modelos sobre la construcción social del conocimiento de ciencias, siendo los autores más citados Kuhn, Lakatos, Toulmin o Laudan.
- El *modelo de enseñanza por investigación (MEPI)* sugiere el desarrollo de la clase de ciencias estableciendo algunas simulaciones de la actividad científica pero adecuándolas a los objetivos específicos de la educación científica escolar (por ejemplo, Duschl y Gitomer, 1991; Gil, 1993; Martínez Torregrosa, Domenech y Verdú, 1993). Aunque existe diversidad de planteamientos, todos perciben necesario

aligerar el peso que dan otros modelos (por ejemplo, el tradicional y el del cambio conceptual) a los contenidos conceptuales y aumentarlo en las actividades procedimentales realizadas por el alumno.

B. Modelos de enseñanza basados en el alumno como aprendiz

Frente al amplio conjunto de modelos y propuestas de enseñanza para las ciencias basados en la analogía del "*alumno como científico*", es posible afrontar los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias desde perspectivas más cercanas al alumno que construye su conocimiento. A este otro modo de proceder lo vamos a denominar, parafraseando a *AcC*, el "*alumno como aprendiz*" (*AcA*).

Los argumentos de los que hacen propuestas de enseñanza desde la perspectiva de "*el alumno que aprende*" respecto de los que lo hacen desde la analogía "*el alumno como científico*", difieren desde el primer momento en la lógica inferencial subyacente:

- La *premisa* está constituida por argumentos que se toman de modelos sobre la construcción del conocimiento del alumno. Lo más usual ha sido tomar la teoría de Piaget, la de Ausubel o el procesamiento de la información. También ha sido frecuente partir de algún modelo mental creado específicamente desde el ámbito de la didáctica de las ciencias.
- las *conclusiones* para la enseñanza de las ciencias se obtienen aludiendo a que debe existir un buen acuerdo entre el modo de enseñar y el modo que tiene el alumno para aprender los distintos contenidos.

Algunos modelos de enseñanza de las ciencias propuestos desde la *AcA*:

- Modelo de enseñanza por aprendizaje significativo (***MAS***). Se usa la teoría de Ausubel para fundamentar este modelo.
- Modelo de enseñanza por descubrimiento dirigido (***MDD***). Existen varias propuestas didácticas bajo este nombre, una de las cuales se ha fundamentado en la teoría de Piaget.



LA FORMACIÓN DEL MAESTRO COMO DOCENTE DE CIENCIAS

Es importante que el futuro docente de ciencias tome conciencia del proceso que se va a seguir en su formación, esto le permitirá hacerse un esquema general para dar un significado más adecuado, tanto a los contenidos que deberá aprender, como a las actividades que tendrá que realizar. Esta visión metacognitiva también le permitirá ser más crítico y participativo en el proceso de su formación. Los pasos a seguir serán los siguientes:

- En primer lugar se intentará que tome conciencia del marco de enseñanza con el que ha interaccionado durante una docena de años. Se le darán las herramientas conceptuales necesarias para facilitarle esta toma de conciencia. Esta interacción le lleva a tener algunas creencias, más implícitas que explícitas, sobre enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Será importante que comprenda cuáles son sus limitaciones didácticas pues se tomarán como punto de partida de su formación.
- Partiendo de sus creencias docentes, se valorarán diferentes opciones para su formación. Como es lógico adoptaremos aquella que desarrolle en el futuro docente un nivel de competencia suficiente para responder a las demandas educativas actuales.

1.2.1 EL MODELO TRADICIONAL PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Este modelo se va a caracterizar por la visión que posee de la construcción del conocimiento del alumno y el de ciencias, así como por su peculiar modo de entender la enseñanza de las ciencias. Finalmente se evalúa el modelo tradicional, también llamado de transmisión-recepción, analizando cuáles son sus posibilidades y sus deficiencias.

A. Visiones poco adecuadas del conocimiento de ciencias.

A lo largo de la década de los 90, Gil y colaboradores (1994, Fernández y otros, 2002) han realizado minuciosas y extensas investigaciones para parcelar una serie de visiones deformadas de la ciencia que han observado tanto en futuros docentes de ciencias como en los que están en activo. He aquí las más relevantes:

A1) Visión descontextualizada

Visión frecuentemente criticada por la abundante literatura del ámbito. Esta visión percibe la ciencia como socialmente neutra que ignora, o trata superficialmente, las complejas relaciones existentes entre la Ciencia, la tecnología y la sociedad.

Esta visión percibe la tecnología como mera *aplicación* de los conocimientos científicos, ignorando totalmente su papel en el propio desarrollo científico. La tecnología se ve como un subproducto de la ciencia, como un simple proceso de aplicación del conocimiento científico para la elaboración de *artefactos* (lo que refuerza el supuesto carácter neutral, ajeno a intereses y conflictos sociales).

En realidad, entre el conocimiento de ciencias y sus aplicaciones tecnológicas existe una interacción compleja de la que ambos se enriquecen. Los desarrollos tecnológicos no son determinados exclusivamente por la ciencia: al pasar de los diseños a la realización de prototipos y de éstos a la optimización de los procesos para su producción real, son innumerables e insospechados los problemas que deben resolverse. El análisis medios-fines, el diseño y realización de prototipos (con la resolución de innumerables problemas prácticos), la optimización de los procesos de producción, el análisis riesgo-coste-beneficio, la introducción de mejoras sugeridas por el uso, en definitiva, todo lo que supone la realización práctica y el manejo real de los productos tecnológicos de los que depende nuestra vida diaria. El resultado final ha de ser el funcionamiento correcto, en las situaciones requeridas, de los productos diseñados.

En la visión descontextualizada de la enseñanza de la ciencia se pierde la ocasión de conectar la ciencia con la vida diaria de los estudiantes. A esto ayudan los textos escolares de ciencias que reducen la relación entre ciencia y tecnología a la enumeración de algunas *aplicaciones* de los conocimientos científicos.

La misma visión descontextualizada de la ciencia tiende a descargar sobre la ciencia y la tecnología la responsabilidad de la situación actual de deterioro creciente del planeta, cuando no se puede olvidar que son científicos quienes estudian los problemas a que se enfrenta hoy la humanidad, advierten de los riesgos y ponen a punto soluciones. Por supuesto, no sólo los científicos ni todos los científicos. Es cierto que son también científicos y tecnólogos quienes han producido, p.e., los compuestos que están destruyendo la capa de ozono, *pero junto a economistas, políticos, empresarios y trabajadores*. Las críticas y las llamadas a la responsabilidad han de extenderse a todos, incluidos los “simples” consumidores de los productos nocivos.

Tan nocivas son las actitudes simplistas de exaltación beata del conocimiento de ciencias como de rechazo absoluto de la ciencia.

A2) Visión individualista y elitista

Estrechamente ligada a la visión descontextualizada y tan estudiada como aquella, esta visión distorsionada percibe la ciencia como invención de personajes especiales o genios solitarios que manejan un lenguaje abstracto de difícil acceso. Se ignora el papel del trabajo colectivo o de los intercambios entre equipos. En particular se deja creer que los resultados obtenidos por un sólo científico o equipo, pueden bastar para verificar o falsar una hipótesis o, incluso, toda una teoría.

Esta visión elitista donde la ciencia es un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmiten expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos. A esto contribuye las explicaciones del docente (p.e. los excesos algorítmicos sin significado físico) que no se esfuerza por presentar la ciencia accesible, ni por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores, como los de los propios alumnos.

A3) Visión empiro-inductivista.

Esta visión resalta el papel de la observación y de la experimentación "neutras" (no contaminadas por ideas y creencias del que observa), olvidando que la asignación de significados a lo que percibimos se hace con nuestros conocimientos previos y olvidando el papel esencial de las hipótesis y las teorías para orientar la investigación. Esta visión también percibe el resultado del experimento como la panacea que disipa cualquier duda, capaz de revocar cualquier teoría.

Esta visión junto a la anterior han llevado a asociar al científico con un personaje de bata blanca y despeinado en un laboratorio lleno de extraños instrumentos con los que experimenta y observa en busca del feliz descubrimiento. Los cómics, el cine y, en general, los medios de comunicación han contribuido a divulgar esta imagen de la actividad científica.

La enseñanza de las ciencias, esencialmente verbal, contribuye a fomentar la imagen del experimento como esa gran herramienta científica que aplicada en clase podría llevar al alumnado a comprenderlo todo. Los montajes experimentales siguiendo guías tipo "receta de cocina" tampoco ayudan a fomentar una imagen más real de éste y sí mantienen la concepción empirista que sacraliza el trabajo experimental.

A4) Visión rígida, algorítmica e infalible

Esta visión sostiene que existe un *Método Científico* como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente tal que seguido con rigor (tratamiento cuantitativo, inferencias lógicas o matemáticas, control riguroso de variables, etc.) ofrece siempre resultados satisfactorios. Esta visión olvida o rechaza que muchos conocimientos de ciencias se han logrado al azar, después de notables dudas, o por intuiciones, inventivas o creaciones inicialmente vistas demasiado alocadas. Esta creencia está muy difundida entre el

profesorado de ciencias, la cual, si se pone en entredicho lleva con frecuencia a posiciones de relativismo extremo, tanto metodológico (*todo vale*) como conceptual (*no hay una realidad objetiva que permita contrastar la validez de las construcciones científicas*). Esta visión de un método científico dando productos infalibles lleva a percibir la ciencia como un saber acabado listo para su simple recepción.

A5) *Visión aproblemática y ahistórica (también acabada y dogmática)*

Esta visión lleva a ignorar cuáles fueron los problemas que se pretendía resolver, cuál ha sido la evolución de dichos conocimientos, las dificultades encontradas, etc. Todo conocimiento es la respuesta a un problema, si se desconoce éste se dificulta captar la racionalidad del proceso científico. El modo usual de enseñar ciencia, transmitiendo los contenidos como saber acabado fomenta este tipo de visión.



Existe una estrecha relación entre la visión aproblemática y ahistórica y la desconectada. Si toda investigación intenta responder a problemas, éstos están a menudo vinculados con necesidades económicas y sociales y, en bastantes ocasiones, con problemas tecnológicos.

A6) *Visión acumulativa, de crecimiento lineal*

Consiste en presentar el desarrollo científico como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo, ignorando las crisis y las remodelaciones profundas, fruto de

procesos tan complejos que no se pueden asimilar a ningún modelo definido de desarrollo científico. Obsérvese que mientras la visión rígida o algorítmica se refiere a cómo se concibe la realización de una investigación concreta (acaso a título individual) la visión acumulativa es una visión simplista de la evolución del conocimiento social de ciencias.

Finalizar indicando que las seis percepciones deformadas de la ciencia constituyen un esquema conceptual relativamente integrado: una visión individualista y elitista de la ciencia, p.e., apoya implícitamente la idea empirista de "descubrimiento" y contribuye, además, a una lectura descontextualizada, socialmente neutra, de la actividad científica (realizada por "genios" solitarios). Del mismo modo, por citar otro ejemplo, una visión rígida, algorítmica, exacta, de la ciencia refuerza una interpretación acumulativa, lineal, del desarrollo científico, ignorando las crisis y las revoluciones científicas.

B. Visiones poco adecuadas del conocimiento del alumno.

B1) La mente del alumno se percibe como un folio en blanco donde se va grabando la explicación del profesor (Pozo, 1989; Jiménez Aleixandre, 2000).

B2) Al alumno le resulta fácil aprender si el profesor expone su explicación de forma lógica y correcta. Si no es así, posiblemente el alumno no vale para estudiar ciencias o no tiene el nivel que debería tener (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

B3) Es posible aprender exactamente el conocimiento enseñado ya sea de un modo inmediato (visión directa) o mediado y trabajado (visión interpretativa). En ambos subyace la creencia realista de que es posible tener un conocimiento fiel a la realidad.

Tanto la visión sobre la construcción del conocimiento de ciencias como la del alumno descansan en una visión general del conocimiento denominada **realismo**. El cual, en su versión más extrema (*realismo ingenuo*), el conocimiento se percibe como una asociación de ideas que se toman (copian) del exterior del sujeto, bien vía verbal o experiencial. Una posición más suave (*realismo interpretativo*) precisa que más que copiar la información, el sujeto la interpreta (filtra, sesga, distorsiona, etc.). Ambas versiones admiten la posibilidad de comparar conocimiento con realidad a la que hace referencia (principio de correspondencia), de forma que la "distancia" entre ambos se toma como criterio de verdad. Un método adecuado y riguroso permite acortarla, incluso anularla (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

C. Visión de la enseñanza de las ciencias

C1) **Sobre el currículo.** El cuerpo de conocimientos aceptado por la comunidad de ciencias es el único criterio para determinar qué contenidos son relevantes y cómo se organizan en el currículo. Cuanto más científico y académico sea el currículo, tanto

mejor, de modo que reducir o eliminar contenidos disciplinares se considera una reducción de la propia educación científica.

C2) **Sobre las metas educativas.** Su **meta principal** es preparar al alumno para el siguiente nivel educativo. Los contenidos, no se enseñan por su valor formativo sino por tener la categoría de científicos, es decir, por su valor intrínseco (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Los contenidos a enseñar por excelencia son los de carácter conceptual, presentados como saberes acabados y establecidos científicamente (Jiménez Aleixandre, 2000). Del alumno se espera que pueda reproducir los contenidos declarativos enseñados y en esto se centra la evaluación.

C3) **Forma de enseñar.** El eje de la enseñanza transmisiva es la lección magistral donde el docente expone y los estudiantes toman notas. Las experiencias prácticas se conciben como ilustraciones de la teoría que los alumnos desarrollan siguiendo instrucciones detalladas u observando como se llevan a cabo. Los problemas se conciben como ejercicios donde se aplican mecánicamente los modelos de resolución dados por el profesor.

D. Posibilidades y limitaciones del modelo

D1) Las *posibilidades del modelo* están más bien limitadas. Por mera exposición verbal, algunos conocimientos de ciencias, principalmente de carácter conceptual, (normas, nomenclaturas, definiciones, descriptivos, etc) pueden ser memorizados, incluso comprendidos, por el alumno y así participar en su proceso de alfabetización científica.

D2) Las *limitaciones que se les asocia al modelo* son las siguientes:

- La mera transmisión de saberes conceptuales establecidos no asegura su comprensión ni su uso dinámico y flexible de esos conocimientos fuera del aula (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Jiménez Aleixandre, 2000).
- Con frecuencia se oponen las metas y motivos del profesor y los del alumnado, con lo que éstos se sienten desconectados y desinteresados, al tiempo que el profesor se siente cada vez más frustrado (Pozo y Gómez Crespo, 1998).
- Los modelos que se tienen sobre el desarrollo del conocimiento de ciencias y del alumno son poco adecuados, así: a) el progreso de la ciencia es más complejo que lo que sugiere la acumulación de ideas y b) el alumno no adquiere sus conocimientos por copia sino que los construye sobre sus ideas previas (Jiménez Aleixandre, 2000).

1.2.2 CREENCIAS DEL FUTURO DOCENTE DE CIENCIAS

El futuro docente inicia su formación con una serie de *creencias sobre cómo enseñar* (también denominadas *concepciones o creencias espontáneas docentes o modelos intuitivos sobre cómo enseñar*) adquiridas poco a poco por sus vivencias personales y colectivas en clase (primaria, secundaria, universidad). En el curso de tan dilatada interacción con el sistema educativo, ha recibido clase de profesores que le han enseñado de modo muy diverso. A pesar de esta diversidad, el modelo dominante con el que ha sido enseñado es el que anteriormente se ha descrito como **modelo de transmisión-recepción o modelo tradicional**, del cual adoptará muchas de sus actitudes y creencias.



Las creencias docentes del futuro profesor de ciencias le inducen, por ejemplo, a adoptar preferencias sobre cómo le gustaría ser enseñado, a disponer de unas ideas sobre como enseñar o cómo aprende el alumno y a desarrollar cierta habilidad para, en el caso de ponerse frente a una clase de alumnos, exponer una lección de ciencias.

Las creencias del futuro docente sobre la enseñanza de las ciencias, muestran a su vez cierta dependencia de sus creencias sobre el conocimiento de ciencias (Gil, 1996) y sobre el conocimiento del alumno (Pozo y Scheuer, 1999). A la vez, *las creencias que se mantienen sobre los conocimientos de ciencias y alumnado son semejantes a las que se usan y difunden desde el modelo tradicional (creencias A y B).*

C. Limitaciones docentes

Algunas investigaciones que solicitan al futuro profesor de ciencias explicitar sus ideas docentes espontáneas y que diseñe un plan de actividades para enseñar un contenido de ciencias concreto (Marín, 1991), ponen de manifiesto algunas limitaciones, entre las que cabe destacar las siguientes:

C1) Creencias sobre enseñanza:

- Enseñar es sobre todo transmitir contenidos conceptuales por parte del docente. Los contenidos procedimentales y actitudinales parecen no existir.
- Se cree que un buen experimento por sí sólo puede enseñar ideas y conceptos.
- Los recursos a los que aluden son específicos y ligados a cada contenido de ciencias. Se desconocen los procedimientos característicos de la actividad de ciencias.
- Enseñar bien significa hacerlo "de modo más claro" o "de forma más comprensiva", etc. La responsabilidad de la educación es principalmente del docente.

C2) Limitaciones en el diseño de actividades:

- Están desligadas entre sí (los resultados de una actividad no se utilizan para hacer la siguiente). Se aprecia que no se usan criterios para planificar el plan de actividades.
- Las actividades se formulan más como una declaración de intenciones que como propuestas concretas de acciones a realizar con materiales concretos.
- Ausencia de actividades donde hay que asociar, observar, clasificar, seriar, medir, ordenar datos, realizar inferencias, formular hipótesis, etc.
- Se proponen actividades de enseñanza de mucha envergadura o exigencias materiales, por lo que son poco factibles de ser desarrolladas en clase teniendo en cuenta las limitaciones espaciales, temporales y económicas de los centros escolares.

1.2.3 OPCIONES PARA LA FORMACIÓN DEL FUTURO DOCENTE DE CIENCIAS

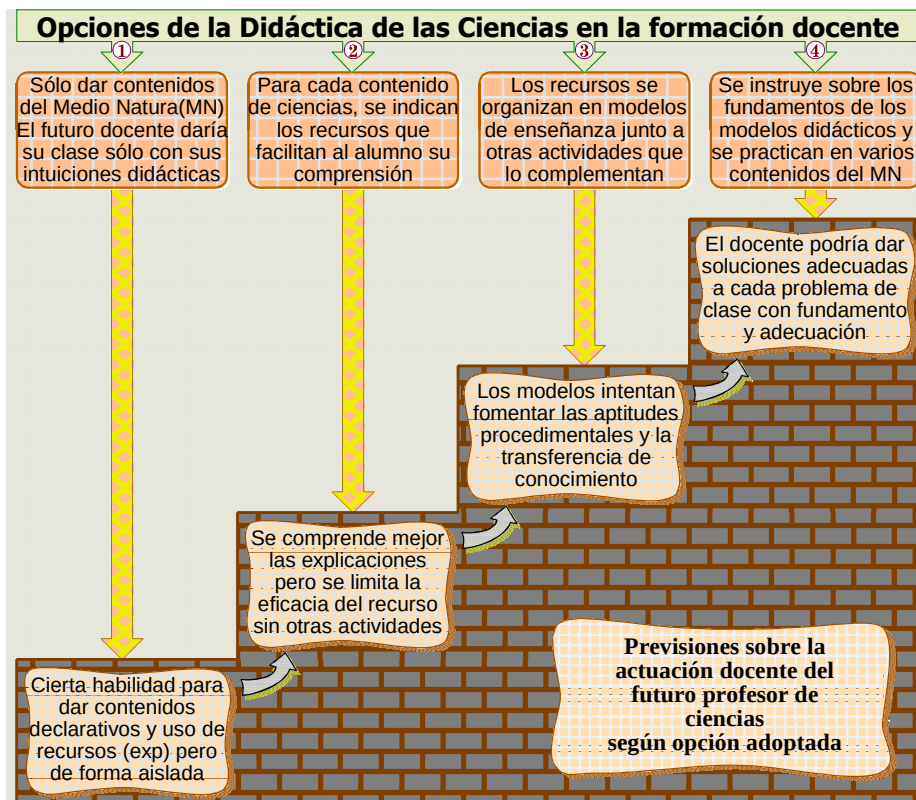
Para la formación del futuro docente de ciencias, se pueden tomar varias opciones, para cada una de las cuales se prevé una determinada actuación en clase. Presentamos cuatro opciones de formación, desde la más rudimentaria y limitada hasta la que presume dar una formación competente para responder a las actuales demandas educativas.

PRIMERA OPCIÓN

Se enfatiza la necesidad de que el futuro docente conozca y comprenda principalmente los contenidos de ciencias. Esta opción se apoya en un argumento incuestionable: para enseñar bien una materia es necesario en primer lugar conocerla.

El docente así formado sería capaz de desarrollar sus clases de ciencias con cierta habilidad para enseñar los contenidos conceptuales, pero en general, a falta de otros recursos didácticos, con sólo sus creencias docentes tomadas de modelos de enseñanza de transmisión-recepción, se vería obligado a recurrir al libro de texto. Se prevé que va a desarrollar una enseñanza de ciencias cuyas deficiencias son semejantes a las descritas en el modelo tradicional y que, brevemente, son las siguientes:

- La actividad de clase se reduce a la exposición por parte del profesor de los contenidos conceptuales de ciencias. Olvido casi sistemático de contenidos procedimentales y actitudinales. Se reduce la actividad del alumno prácticamente a tomar apuntes y escuchar al profesor.
- Las actividades donde el alumno debe resolver problemas se limitan a reproducir los modelos de problemas resueltos por el profesor a modo de ejercicios. Se reducen notablemente las posibilidades que tienen los problemas para enriquecer los contenidos conceptuales con nuevos significados y para desarrollar en el alumno habilidades procedimentales, tanto manuales como intelectivas.



- Las actividades experimentales pierden casi toda su eficacia puesto que se suelen presentar de forma aislada, sin un marco problemático y de indagación que le den sentido, y sin actividades posteriores que faciliten el proceso de conceptualización. Es incorrecto pensar que el experimento por sí sólo es la panacea didáctica que definitivamente facilita al alumno la comprensión de un determinado contenido.
- Los contenidos de ciencias presentados como un saber acabado contribuyen a forjar en el alumno imágenes distorsionadas de la actividad científica.

Por tanto, esta opción se puede considerar como necesaria pero es claramente insuficiente.

SEGUNDA OPCIÓN

Es posible mejorar la anterior opción si se le muestra al futuro docente, para cada contenido de ciencias, diferentes recursos materiales que suponen actividades didácticas adicionales a la mera exposición verbal del contenido, por ejemplo, para enseñar:

- El *ciclo del agua* resulta eficaz ir componiendo el ciclo con un franelograma.
- Los *huesos del cuerpo humano* es útil el uso de plastilina para moldear los huesos más importantes y después articularlos según un modelo.
- La *función de los músculos* se entiende mejor construyendo con tablas alargadas y articuladas que simulan los huesos diferentes tipos de palancas donde gomas elásticas representan la acción de los músculos.
- Los *alimentos y sus nutrientes*, pueden ser útiles conocerlos realizando algunas actividades utilizando las etiquetas de diferentes envases de alimentos.
- Las *interacciones de la luz con los objetos* se entienden mejor si con una rendija en una cartulina precisamos un rayo de la linterna y se observa el camino que sigue cuando choca con diferentes objetos.

Los recursos materiales se refieren a objetos, simulaciones o experiencias vinculados a aspectos concretos del contenido de ciencias a enseñar. Los recursos son importantes en la medida que el medio se conoce en la medida en que se interacciona con él. Por esto, siempre que sea posible, se deberá intentar el contacto con la realidad, la observación directa, la manipulación de objetos y materiales presentes en el medio.

No cabe duda que al aplicar en la enseñanza de las ciencias los más variados recursos materiales permite desarrollar clases más amenas (ya todo no sería exposiciones verbales) y, sobre todo, el alumno comprendería mejor lo enseñando. Los recursos materiales presentan otros beneficios didácticos tales como:

- Se da más tiempo para trabajar el contenido y, por tanto, más oportunidades al alumno para asimilarlo.
- Se da también oportunidad para el debate con los compañeros.
- Se trabaja más con la componente extensiva de los conceptos, lo que da la posibilidad de comprender y enriquecer sus significados.

Sin embargo, y a pesar de las ventajas de su uso, los recursos materiales, por sí solos, reducen significativamente su eficacia si no están insertos en un concierto de actividades más amplio que respeten la siguiente secuencia:

- Por delante de las actividades donde se usa el recurso se deben colocar otras que le den un sentido o un significado. Se pretende que el alumno sea consciente o sepa el motivo del uso del recurso. Por ejemplo, usar las etiquetas de diversos alimentos donde se expresan los nutrientes, intentando buscar combinaciones de alimentos que presenten porcentajes equilibrados de nutrientes, puede dar un sentido útil y de interés a la actividad que va a desarrollar el alumno.
- Después de usar el recurso, para que éste no quede como un mero hecho anecdótico, se precisa complementarlo con actividades que posibiliten dar significado a los datos percibidos, orienten para relacionar datos entre sí y faciliten el proceso de conceptualización o de relación entre los datos observados y los conceptos enseñados.

El orden de las actividades donde se inserta un recurso y el modo de diseñar las actividades que van antes y después del recurso viene sugerido por estrategias de enseñanza más amplias que se denominan ***modelos de enseñanza***.

TERCERA OPCIÓN

Se mejora la formación del futuro docente si además de recursos se le enseña a diseñar las actividades usando modelos de enseñanza por las razones dadas en la anterior opción.

Un modelo de enseñanza consta de una serie de orientaciones didácticas, coherentes entre sí. Mientras que los recursos son orientaciones didácticas puntuales al estar vinculadas a uno o varios contenidos de ciencias, los modelos se aplican adecuadamente a un número más extenso de contenidos. Igual que las herramientas de un taller se aplican sobre una diversidad de objetos para realizar reparaciones, los modelos de enseñanza son herramientas didácticas que se aplican sobre diversos contenidos de ciencias para conseguir que su enseñanza sea más eficaz.

La perspectiva que aquí se adopta es que no existen modelos definitivos para enseñar ciencias. Dependiendo sobre qué contenido se aplique y qué objetivo se pretenda, cada

modelo será más o menos eficaz (Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Marín, Jiménez Gómez y Benarroch, 1997).

Los logros docentes previsibles con esta opción respecto a las anteriores dependen de qué tipo de modelos de enseñanza utilicemos en la formación del futuro docente de ciencias. Aunque los logros se estudiarán con detalle más adelante, aquí se puede adelantar que las nuevas capacidades docentes permitirían desarrollar una enseñanza que:

- Fomente el desarrollo de capacidades procedimentales y actitudinales en el aprendizaje de ciencias
- Posibilite la transferencia del conocimiento adquirido fuera del entorno académico.
- Fomente en el aprendizaje de ciencias una visión de las ciencias que evite las visiones deformadas antes citadas.
- Permita desarrollar significados más ricos de los contenidos conceptuales.

CUARTA OPCIÓN

Todavía cabe la posibilidad de una cuarta opción en la formación del futuro docente de ciencias. No es lo mismo saber “*qué* hacer” que saber “*porqué* se hace”. Esto marca las diferencias de actuación docente entre el profesor que aplica mecánicamente una serie de “recetas didácticas” del que, además, conoce los fundamentos que justifican su uso. Es la diferencia entre el profesor “técnico” y el que es “autónomo, crítico y reflexivo”.

Tomemos una analogía culinaria para ilustrar las ventajas que tiene considerar los fundamentos de una medida u orientación didáctica: conocer varias recetas de cocina da la posibilidad de realizar con ciertas garantías de éxito los platos correspondientes, pero si, además, se conoce el fundamento de los buenos resultados que se obtienen al aplicar las recetas (combinación adecuada de alimentos, tiempos de cocción, condimentos, etc.) permitiría realizar otros platos sustituyendo algunos ingredientes de los que no se disponen en el momento o crear nuevos que se adapten a los productos alimentarios de otro lugar.

La clase de ciencias es un sistema complejo donde la aplicación de recetas didácticas mecánicamente no siempre desemboca en buenos resultados, se requiere flexibilidad y comprensión de las diferentes situaciones de clase para elegir o anticipar en cada momento la acción docente adecuada. Con el bagaje exclusivo de los modelos de enseñanza, un docente difícilmente puede responder a estas preguntas pues se limitan a dar las sugerencias sin los fundamentos que las sustentan.

Ahora bien, conocer el fundamento de los modelos de enseñanza, aporta al futuro docente de ciencias un conjunto de criterios flexibles para acomodar con conocimiento de causa las acciones docentes a las peculiaridades del alumnado, del aula y del entorno socio-económico. Esto permitiría:

- Alcanzar más eficazmente objetivos de enseñanza tales como la adquisición de destrezas y actitudes y la transferencia de conocimientos y habilidades más allá del contexto de aprendizaje para resolver nuevos problemas, principalmente los cotidianos.
- Realizar previsiones aceptables según la estrategia didáctica aplicada, conociendo las capacidades y limitaciones del alumno sobre los conocimientos declarativos y procedimentales de los contenidos de ciencias que se le van a enseñar (Shayer y Adey, 1984).
- Afrontar los problemas de la enseñanza de las ciencias, buscando soluciones conociendo los supuestos mecanismos que el alumno pone en juego para adquirir los distintos contenidos (Marín, 1997). A la vez, sabrá realizar en clase adecuadas estrategias de investigación-acción.
- Evitar que su clase se reduzca a la aplicación mecánica de recetas didácticas de las que no conoce bien su fundamentación o procedencia, más bien se procurará que, por un lado, sepa reflexionar en y sobre la acción docente a fin de prever resultados y actuar en consecuencia, tomando como base una serie de criterios didácticos bien fundamentados y, por otro, busque soluciones a los problemas del aula de un modo riguroso y crítico.

En definitiva, con la cuarta opción se formaría un docente competente para responder a las demandas educativas actuales. Si se asume como buenas las metas educativas actuales para la enseñanza de las ciencias, elegimos en consecuencia esta cuarta opción.

PARTE 2

Modelos para la enseñanza de las Ciencias

Planteado el contexto en que se desarrolla la formación de docentes de ciencias, en esta segunda parte se desarrollan los diferentes modelos de enseñanza que se suelen barajar en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, atendiendo a sus fundamentos, sus posibilidades didácticas y sus limitaciones. Se pretende que el futuro docente conozca las diferentes estrategias para enseñar ciencias, así como las razones que han llevado a los expertos a proponerlas. El que se ofrezcan los modelos bien fundamentados obedece a una razón obvia: se intenta que el futuro docente adquiera un conocimiento flexible y crítico que le permita tomar decisiones en la clase de ciencias sobre bases razonables.

2.1

MODELOS FUNDAMENTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS

Estos modelos sostienen una visión de la construcción del conocimiento de ciencias bien desarrollada pero su visión del conocimiento del alumnado, como se verá, es más bien deficiente ya que si bien existen analogías entre ambos conocimientos también existen notables diferencias.

Finalmente, se exponen las características comunes que presentan los modelos para la enseñanza de las ciencias basados en *AcC*, así como las ventajas que ofrecen respecto a la enseñanza tradicional.

2.1.1 LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS

Para entender la complejidad y modo de progresar de la ciencia, ésta se analiza en cuatro apartados:

- a) Contexto donde se construye el conocimiento de ciencias.
- b) Fases y procedimientos de construcción de las ciencias.
- c) Características generales del conocimiento de ciencias.
- d) Procedimientos característicos de la actividad científica.

2.1.1.1 *Contexto donde se construye el conocimiento de ciencias*

Los fines y valores predominantes están mediatizados por el esfuerzo en producir un conocimiento válido, fiable y eficaz, principalmente para su uso pragmático en el ámbito de producción de bienes materiales (Vázquez y otros, 2001) que es donde este conocimiento mantiene su mayor compromiso (Chalmers, 1984). Como en otros conocimientos, no hay límites para hacer construcciones cognitivas, pero la ciencia se distingue por la alta capacidad predictiva de sus teorías en el segmento material (físico-natural) de la realidad con el que interactúa y por la peculiar dinámica de confrontación empírica constante e interpersonal. En este segmento se afrontan y se buscan soluciones a una gran variedad de problemas que a la vez generan otros nuevos. Las soluciones al problema, siempre provisionales, deben mostrarse útiles y consensuadas.

El escenario de ciencias queda delimitado por las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad -CTS- (Fernández y otros, 2002). No es cierto que el conocimiento de ciencias se construya con neutralidad. Así, por ejemplo, los problemas del entorno cotidiano determinan un buen número de direcciones de investigación (problemas medioambientales, desarrollo tecnológico, producción y control de bienes, etc.).

Por otro lado, la ciencia, al ser un conocimiento socialmente compartido por una comunidad de expertos, requiere ser registrado en diferentes soportes de un modo declarativo mediante símbolos aceptados y consensuados por la comunidad (verbales, matemáticos, gráficos, etc.).

Puesto que se espera del conocimiento de ciencias que sea útil y eficaz para resolver problemas del ámbito económico y social donde tiene adquiridos fuertes compromisos y responsabilidades y a fin de que las aportaciones individuales al cuerpo teórico consensuado supongan un progreso efectivo, se procura desarrollar estructuras conceptuales altamente coherentes y consensuadas. Así, a nivel lingüístico, la coherencia es tal que el significado de cualquier concepto lo adquiere con cierta

precisión a través de otros significantes y por su posición y relación en la trama conceptual y, con el fin de evitar confusiones, se procura reducir al mínimo el margen de tolerancia del significado (Pozo, 1989; Marina, 1998), de ahí la necesidad de buscar definiciones usando el lenguaje matemático (Holtón, 1972).

2.1.1.2 Fases y procedimientos de construcción de las ciencias

En la construcción del conocimiento de ciencias habría que distinguir varias fases: a) fase previa donde los expertos, individualmente o en grupo, diseñan la investigación y el modo de abordar los problemas, b) fase de descubrimiento donde los científicos llevan los diseños de investigación a la acción, c) fase de comunicación de las aportaciones individuales a la comunidad de expertos, d) fase de regulación social de las aportaciones individuales y, en general, del cuerpo teórico de la ciencia y f) fase de justificación.

Normalmente la *fase previa* de una investigación conlleva una planificación donde subyace una estructura hipotético deductiva (Bunge, 1981). En la *fase de descubrimiento*, aunque se procura mantener la línea de trabajo marcada, la búsqueda de soluciones se hace farragosa y tortuosa sobre todo en zonas fronterizas donde el conocimiento disponible se vuelve torpe. En éstas aparecen procesos de rectificación, de repetición, de nuevas experiencias controlando mejor las variables, de ensayo y error, etc., procedimientos semejantes a los que usa el alumno. No hay que olvidar que al experto nunca le faltarán situaciones problemáticas donde se manifieste procedimentalmente como un novato.

En la *fase de comunicación* no se suelen reflejar todas las vivencias que el investigador experimenta en la fase de descubrimiento. Los momentos de duda y zozobra donde se han usado procedimientos pocos científicos o se han mantenido ideas o sentimientos poco racionales se suelen obviar en la elaboración del informe de la investigación (Holtón, 1972) de modo que entre el problema y la solución se traza una línea argumental racional y coherente.

En la *fase de regulación social* se incorporan y difunden las aportaciones individuales, lo que conlleva la ampliación del entramado conceptual del cuerpo de conocimientos, manteniendo la coherencia interna y el consenso. En esta fase, se dan un conjunto complejo de procedimientos donde un modelo organicista sería el más apropiado para entenderlo (Luffiego, 2001). De hecho, las nuevas aportaciones no se incorporan como simples añadidos o por acumulación sino mediante un proceso que bien se podría explicar por asimilación y acomodación (Piaget, 1974; Kuhn, 1975). Sobre la aportación individual, se aplica un nuevo proceso de reconstrucción racional eminentemente social (Lakatos, 1974; Chalmers, 1984).

Del conocimiento así construido se ocupa la filosofía de las ciencias en la *fase de justificación*, cuya cuestión primordial es establecer pautas metodológicas que expliquen el progreso de las teorías de ciencias (Lakatos, 1974; Piaget y García, 1982; Chalmers, 1984). Aunque los modelos propuestos para explicar el progreso de las teorías de ciencias difieren notablemente entre sí (Piaget y García, 1982), en la actualidad son mejor aceptados los que son coherentes con la posición epistemológica que defiende el constructivismo, lejos de las posiciones positivistas y racionalistas más extremas (Izquierdo, 2000).

En pocas palabras, excepto en la fase de descubrimiento donde aparecen procedimientos semejantes a los cotidianos, en las demás fases de la construcción del conocimiento de ciencias aparecen procedimientos hipotético-deductivos que se dan escasamente en el entorno cotidiano, e incluso, en el académico (Fernández y otros, 2002).

Así pues, el proceso de *construcción del conocimiento de ciencias* presenta *fases individuales*, usualmente en el contexto de equipos de investigación, y otra *fases sociales* donde interviene de forma decisiva la comunidad de expertos. En la construcción del conocimiento de ciencias la influencia social es más relevante que la individual, piénsese en la formación del investigador, su producción en el seno de grupos de investigación, en la regulación de las aportaciones individuales al grueso del conocimiento consensuado de ciencias, en la mecánica de desarrollo y cambio de teorías, en las motivaciones e intereses para delimitar problemas, en la aplicación del conocimiento de ciencias, etc.

En las *fases individuales* (principalmente fase previa, de descubrimiento y de comunicación), la producción del experto está en sintonía con su formación científica desde el cuerpo de conocimientos actuales. El proceso de formación se inicia en contextos académicos para continuar en el ámbito profesional, donde es determinante el contexto de recursos humanos y materiales, así como el esfuerzo personal. El científico no podrá evitar que sus creencias, intereses, problemas profesionales o personales, afiliaciones a grupos o ideas, conocimiento implícito y demás factores, no siempre "tan científicos", influyan tanto en su formación como, consecuentemente, en su producción (Holton, 1972).

En el quehacer diario del experto de ciencias es frecuente el incremento de conocimientos específicos mediante, por ejemplo, una lectura continuada, congresos, reuniones, etc., así como a través de experimentos y observaciones de laboratorio. Además, los anteriores escenarios y fuentes de información suponen un proceso continuo de desajustes y conflictos cognitivos que puede llevar al experto a cambios

más fuertes en su estructura cognitiva dándole la oportunidad de desarrollar un potente pensamiento hipotético deductivo.

En las *fases colectivas*, se podría pensar que si el conocimiento de ciencias se nutre de las aportaciones individuales, éste heredaría la subjetividad de cada científico. Eso en parte es cierto, pero se dan varios mecanismos de regulación social que hacen que lo que termina incorporándose al "cuerpo de conocimientos" sea un producto más elaborado, depurado, aséptico, racional y coherente. En efecto, por un lado, el científico se ve obligado a publicar sus aportaciones en su versión más racional y en el lenguaje consensuado de su comunidad; y, por otro, la incorporación e incidencia de las aportaciones individuales al cuerpo de conocimientos colectivos de ciencias están, con un rigor supuestamente racional, reguladas por una comunidad de científicos amplia (Holton, 1972). Así pues, el conocimiento de ciencias no es sólo la versión escrita del pensamiento del científico. Además, con el paso del tiempo, otros mecanismos de selección (Toulmin, 1972), de cambios de paradigmas (Kuhn, 1975) o programas de investigación (Lakatos, 1983), etc., intervienen para eliminar, decantar, enfatizar, ampliar, regular empíricamente, difundir selectivamente o formalizar la producción individual, sin descartar otras valoraciones externas asociadas a la utilidad del conocimiento producido (Chalmers, 1984).

2.1.1.3 Características generales del conocimiento de ciencias



Las dos características más relevantes de este conocimiento son:

- La ciencia se construye en constante e intencional actitud de confrontación de las construcciones cognitivas de ciencias y los datos empíricos de un sector de la realidad. Para ello se han desarrollado potentes estrategias metodológicas, principalmente de carácter hipotético-deductivo. Por un lado, lo anterior destaca la importancia de la actividad racional en la construcción de modelos cognitivos pero en este proceso constructivo intervienen otros factores menos racionales (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Giere, 1999) por lo que las construcciones no pueden ser explicadas desde un *racionalismo extremo*. Y por otro, se percibe necesaria la continua confrontación entre las construcciones teóricas y los datos empíricos, sin que éstos adquieran el valor relevante que les da el *empirismo*. Esta posición intermedia que se aleja del racionalismo (predominio de la razón) y del empirismo (predominio de los datos empíricos) se denomina **CONSTRUCTIVISMO**.
- Los complejos procesos de regulación de la comunidad de ciencias generan un cuerpo de conocimientos altamente coherente, organizado y consensuado que sólo se puede explicar adecuadamente mediante un modelo orgánico. Éste interpreta el conocimiento con la metáfora de un organismo (Pozo, 1989; Botella, 1994; Luffiego, 2001) donde el todo no se puede reducir a las partes y las relaciones causales no son simples y lineales. La visión orgánica se aleja de visiones deformadas del conocimiento de ciencias tales como que a) la aplicación mecánica de una secuencia de procedimientos (el llamado método científico) puede llevar a crear o construir conocimiento seguro, fiable o verdadero (Bunge, 1981) o que b) el crecimiento de las ciencias se hace de un modo lineal por acumulación de conocimientos (Fernández y otros, 2002). Al organicismo también se le suele denominar *holismo* (Botella, 1994).

En definitiva, la visión que da el **CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO** sobre la construcción del conocimiento de ciencias es la que en la actualidad parece estar más consensuada.

2.1.1.4 Procedimientos característicos de la actividad científica

Es importante aclarar que ***el descubrimiento científico no posee un método único o predeterminado*** (Bunge, 1981). El método científico, más que una serie de reglas fijas o secuencias procedimentales, es un modo de pensar disciplinado y sistemático que permite abordar problemas no ordinarios con bastantes posibilidades de éxito, lo que no implica que deba ser considerado como la única y mejor vía para producir nuevas y útiles ideas, incluso en el dominio científico, ya que muchos descubrimientos han sido casuales o producto de la intuición, aunque también es cierto que estos descubrimientos sólo han podido ser interpretados y asimilados por mentes expertas y se han producido generalmente en el transcurso de un trabajo planeado a través de este método;

tampoco se puede olvidar que ha sido el modo de pensamiento que mayores progresos ha aportado al hombre a lo largo de la historia (Holton, 1972).

No existen reglas absolutas tal que al aplicarlas sistemáticamente garanticen un resultado exitoso, de ahí que el curso de cualquier investigación no puede ser determinado a priori, es decir, el orden de aparición de los distintos procesos científicos (observación, inferencia, hipótesis...) no siempre es el mismo en cada investigación ya que éste depende, en general, de la naturaleza de lo que se investiga y de los propios conocimientos del investigador.

En general, se puede decir que cuando se inicia una investigación en un nuevo dominio físico del que aún no se posee una estructura conceptual sólida que explique los distintos fenómenos, la aprehensión se realiza por continuas aproximaciones utilizando procesos inductivos (observación, clasificación, medición, inferencias...). Cuando existe un cuerpo de conocimientos que dan cuenta de los distintos fenómenos relacionados con su dominio, la investigación se desarrolla utilizando procesos hipotéticos-deductivos.

Por su valor para el docente de ciencias, veamos en detalle en qué consisten algunos de los procedimientos científicos más relevantes:

- ***El punto de partida del método científico***

El punto de partida se encuentra en el conocimiento por parte del investigador de la ciencia contemporánea. Por lo general, se hace necesario adquirir dicho conocimiento a través de un extenso trabajo bibliográfico sobre el tema que va a ser objeto de investigación, ya que este conocimiento de partida va a ser un factor determinante en la interpretación de los datos obtenidos de la observación, de la definición del problema a resolver, de la estrategia a seguir para darle solución etc, es decir, actuará consciente o inconscientemente sobre el investigador, como un filtro que matiza todos los procesos que aparecen en el curso de la investigación. Algo análogo se encuentra en los razonamientos de los niños cuando intentan explicar un fenómeno físico o un problema cualquiera que se le plantea, ya que dependiendo del nivel cognoscitivo que posea se aprecian estrategias y soluciones cualitativamente diferentes.

En ciertos casos, estos conocimientos previos pueden ser poco satisfactorios para el investigador, pero al fin y al cabo, es el esquema conceptual existente el que servirá de guía o habrá que apartarse de él tomando otras alternativas o creándolas. Sin estos conocimientos se corre el riesgo de descubrir lo que ya estaba hecho.

A veces el investigador al no encontrar ayuda en las disciplinas existentes, tiene que inventar instrumentos, técnicas o desarrollos matemáticos nuevos para darle continuidad a su trabajo. Copérnico tuvo que inventar una gran parte de la geometría del sólido y Newton el cálculo infinitesimal.

- ***La observación***

Es uno de los procesos empíricos básicos. La observación cuando se realiza con precisión cuantitativa se denomina medición y si se cambian deliberadamente los valores de ciertas variables estamos haciendo experimentación.

La observación científica es una percepción intencionada e ilustrada de un hecho. Es intencionada pues se hace con un objetivo concreto y es ilustrada ya que va guiada por el cuerpo de conocimientos del observador.

Se denomina *hecho* es todo aquello que se supone pertenece a la realidad. Son hechos, por ejemplo, los *acontecimientos*, que por alguna razón se considera en algún aspecto como una unidad espacio-temporal, p.e. relámpago, huracán, trueno..., los *procesos*, que son una secuencia temporalmente ordenada de acontecimientos tal que cada elemento de la secuencia toma parte en la determinación del elemento siguiente. Los *fenómenos* son los acontecimientos o los procesos tal y como aparecen al ser humano; es el hecho perceptivo, (un mismo acontecimiento puede parecer distinto fenómeno a observadores distintos). Finalmente, se denomina *sistema* al conjunto de entidades físicas estructuradas formando una unidad. Serían las protagonistas de los acontecimientos.

Por lo general, los sentidos son ayudados por instrumentos que aumentan (telescopio, microscopio...), precisan (cronómetros, balanza...) y reemplazan (fotografía, radiografía...) en la tarea de observar.

En el proceso de observar se distinguen *cinco elementos*: el objeto de la observación: los hechos, el sujeto que observa, las circunstancias en las que se ha realizado la observación (el medio ambiental), los medios de observación (instrumentos) y el cuerpo de conocimientos (comentado en el punto de partida del método científico).

El carácter público de la observación científica se expresa con una regla: la observación tiene que ser reproducible por otros especialistas en condiciones análogas. De hecho, ningún investigador científico que se tome su trabajo con cierta seriedad intentará presentar supuestas observaciones a sus compañeros de la comunidad científica si posee la más mínima duda de que éstas no van a poder ser verificadas por los demás.

El producto de la observación es un dato elaborado, no el dato sensible que no interesa a la ciencia ya que si no se exigiera de los datos científicos una referencia objetiva, un control público y un mínimo de interpretación en base a teorías aceptadas, podrían inventarse arbitrariamente y serían irrelevantes para las ideas que se supone sostienen o arruinan. Los datos por los que se interesa la ciencia son interpersonales y sistematizables (pueden integrarse en el cuerpo de conocimientos consensuado).

- ***La clasificación científica***

La clasificación tiene como fin poner orden en el trabajo científico, a la vez que permite realizar ciertas extrapolaciones e interpolaciones, p.e, clasificación de los elementos químicos.

La clasificación parte del supuesto de la existencia de un concepto cuyo papel es el de determinar un criterio de clasificación formado por la característica o características más significativas del concepto (comprensión) y el hecho de clasificar supone agrupar espacial o temporalmente los objetos o fenómenos que obedecen al criterio de clasificación (extensión), p.e. ordenar ciruelas por su calibre, ordenar datos por edades, elegir cuerpos metálicos.

Dicho de otro modo, dado un conjunto de objetos o fenómenos y un criterio de clasificación se puede definir un conjunto A por comprensión (mediante el criterio de clasificación) y por extensión (delimitando todos los objetos que pertenecen a A).

Se dice que está bien coordinada la comprensión con la extensión cuando dado el criterio de clasificación se sabe con precisión qué elementos responden al criterio y cuáles no, Por ejemplo, ante un criterio sencillo como pueda ser "objetos de color rojo" se puede determinar con precisión por extensión el conjunto de todos los objetos rojos lo que nos permite afirmar que está bien coordinada la comprensión con la extensión. Sin embargo, usualmente siempre existen algunos elementos que no sabemos si están dentro o fuera ¿qué hacemos con ese objeto de color anaranjado tirando a rojo o de ese rojo morado? De hecho, siempre que el criterio de clasificación se refiera a objetos reales, siempre habrá elementos que no sepamos encasillar y nunca estará totalmente coordinada la comprensión con la extensión. La capacidad clasificadora del investigador evoluciona por un enriquecimiento mutuo entre la extensión del concepto y su comprensión.

- ***Inferencia***

La inferencia es el paso razonado, siguiendo una serie de reglas lógicas, de un conjunto de proposiciones a otro. Las primeras se llaman premisas y las segundas conclusiones, p.e. consideremos el siguiente razonamiento:

La mayoría de los alumnos que siguen la dinámica de esta disciplina aprueban (premisa)

Todos los alumnos desean aprobar (premisa)

Lo mejor para aprobar esta asignatura es seguir su dinámica (conclusión)

Las inferencias no tienen por qué tener la misma estructura (dos premisas y una conclusión), el mismo ejemplo anterior se puede formular de la siguiente forma: "puesto que la mayoría de los alumnos que siguen la dinámica de esta asignatura aprueban

(premisa), lo mejor es seguir la dinámica de esta asignatura si se desea aprobar (conclusión)"

Veamos los tipos de reglas más importantes que se utilizan en los distintos modos de razonar:

1. Inferencia deductiva, válida desde un punto de vista de las reglas de la lógica matemática, generalmente, parten de proposiciones más generales que la propia conclusión, veamos unos ejemplos:

Todas las disciplinas cuyo objeto son entes materiales son científicas.

El objeto de estudio de la Química son entes materiales

La Química es una disciplina científica

Si el átomo es indivisible sería la parte más pequeña de la materia

El átomo es divisible en partículas más pequeñas

El átomo no es la parte más pequeña de la materia

2. Inferencias no lógicas o factuales, desde un punto de vista lógico no son concluyentes ya que no siguen rigurosamente las leyes de la lógica. Se dan varios tipos de inferencias factuales:

a) La analogía consiste en inferir a partir de la semejanza de algunas características entre dos entidades que las demás características son también semejantes. Su estructura lógica es la siguiente:

La característica "a" está en P1 P2... Pn. La característica "b" está en P1 P2... Pn-1

Es probable que la característica "b" esté en Pn

Entre los animales el cáncer se debe a virus

El hombre es un animal

Es probable que los virus sean la causa del cáncer humano.

(Llamemos método 1 al aprendizaje de comprobación y método 2 al de descubrimiento)

Los alumnos bajo el método 1 tienen buenas notas y memorizan bien lo enseñando

Obtienen buenas notas los alumnos sobre los que se aplica el método 2

Los alumnos del método 2 es posible que memoricen bien lo enseñado

b) La inducción parte de proposiciones particulares para llegar a otras más generales.

Todos los A hasta el n-ésimo han resultado ser B. Es probable que todos los A sean B

Las leyes básicas del aprendizaje valen para todas las especies estudiadas

Es probable que valgan para todas las especies existentes.

La ley $PV=cte$ es válida para todos los gases experimentados

Es probable que la ley $PV=cte$ valga para todos los gases existentes

- ***El problema científico***

Los problemas sirven para impulsar la actividad científica y el nivel de investigación se mide por la dificultad de los problemas que se abordan. Si no existen los problemas la investigación se estanca y tan importante como solucionar problemas, es crearlos. La tarea científica no acaba con la solución del problema ya que esta supuesta solución puede generar, y de hecho ocurre casi siempre, nuevos problemas. Esta dinámica de solucionar y generar nuevos problemas continuamente es propia de la actitud científica: conforme avanza la ciencia, los problemas se incrementan en extensión y dificultad, y en esa lucha para encontrar soluciones, el conocimiento se incrementa.

En general, un problema es cualquier dificultad cuya resolución no es inmediata ni conocida y requiere la utilización de variadas técnicas y recursos para intentar su búsqueda. No todos los problemas son científicos, éstos son exclusivamente los que se plantean sobre un trasfondo científico con el objeto primordial de incrementar el conocimiento. Cuando el objetivo es más práctico que teórico, aunque el trasfondo y los instrumentos sean científicos, el problema es más de ciencia aplicada o tecnología que de ciencia pura, p.e., ¿cuál será la naturaleza de la luz? es un problema científico, ¿qué tipo de abono mejoraría la cosecha? sería más bien un problema tecnológico y ¿debería tomar un avión sabiendo que mi carta astral me pronostica que me sucederá algo malo próximamente? no es un problema científico ni tecnológico.

Las siguientes reglas permiten acercarse a la formulación correcta de un problema científico:

- Debe estar inserto en el seno de un cuerpo de conocimientos científicos
- El problema debe estar bien concebido de manera que su trasfondo y, en particular, sus presupuestos, no sean falsos o estén por decidir.
- El problema debe estar delimitado: un planteamiento no progresivo, que no deje entrever las posibles soluciones paso a paso, no es científico.
- Debe permitir la formulación anticipada de estipulaciones acerca del tipo de solución y del tipo de comprobación de la misma.

El respeto de estas condiciones no garantiza el éxito pero sí ahorra pérdidas de tiempo. Tampoco se debe olvidar que problemas sin cumplir este tipo de condiciones, han resultado ser también muy fructíferos.

- ***Hipótesis***

Los problemas científicos no se resuelven directamente con la experimentación, sino que el científico emite una serie de suposiciones (hipótesis) que podrían ser soluciones, aunque sean parciales, del problema. Por ejemplo, ante el problema científico formulado anteriormente podríamos plantear las siguientes hipótesis: "la luz está constituida por

pequeñas partículas invisibles a nuestros ojos" o "la naturaleza de la luz se acerca más a la de una onda electromagnética". Después, el científico realizará experiencias como si tales hipótesis fueran ciertas, al menos por el momento.

Para que las hipótesis jueguen su papel deben de establecer nuevas relaciones entre datos empíricos o conceptuales, de lo contrario estamos formulando afirmaciones que están de un modo u otro contenidas en el cuerpo de conocimientos existente.

Existen varios tipos de hipótesis:

- a) Analógicas: son aquellas que se han formulado utilizando argumentos de coincidencias o semejanzas, p.e, "dado que el comportamiento de la luz se parece mucho al choque elástico de las bolas hace pensar que ésta está constituida por pequeñas bolitas".
- b) Inductivas: son inferencias que van de enunciados particulares a otros más generales, p.e, no hay relación entre la nota de trabajos en clase y la nota de examen.
- c) Deductivas: obtenidas de proporciones más fuertes por inferencias deductivas, p.e., "si la naturaleza de la luz es corpuscular, los rayos de luz deben curvarse al pasar por un campo gravitatorio, así como lo hace un cometa".

El papel fundamental de las hipótesis es el de imaginar relaciones o entidades entre hechos observados de modo que permitan al científico entender cómo o porqué ocurren ciertos fenómenos. Concretando, algunas de las funciones más importantes de las hipótesis son:

- a) Realizar generalizaciones de la experiencia, p.e, sustitución de un conjunto finito de puntos experimentales por una curva.
- b) Desencadenar inferencias al ser utilizadas como premisas para llegar a conclusiones particulares que permitan la contrastación empírica de las hipótesis.
- c) Guiar la investigación: p.e, imaginar que la materia está compuesta de átomos ha permitido a los científicos realizar multitud de descubrimientos, como son la constitución atómica, la valencia de los elementos, las fuerzas nucleares, etc, etc.

Algunas reglas para formular hipótesis adecuadamente son:

1. Debe de ser posible su comprobación experimental o formal.
2. Evitar la trivialidad, aportando algo nuevo a los conocimientos que ya se poseen, pero sin caer en suposiciones fantasiosas o arbitrarias que no respeten el cuerpo de conocimientos presentes.

3. Se escogerá entre varias suposiciones aquella que mejor explique de forma simple y clara los fenómenos problemáticos que la ha motivado.

La verificación de una hipótesis, formal o empírica, sólo supone la utilización de ésta como una verdad que tarde o temprano será refutada, en ningún caso, una verdad inamovible.

- ***La experimentación***

El experimento es una actividad donde el investigador confronta sus ideas o sus hipótesis con los datos empíricos. Consiste en la provocación deliberada de algún tipo de perturbación o cambio en un sistema físico para obtener datos tal que interpretados se utilicen con alguna finalidad.

Hemos visto que la observación requiere un objeto, un observador y una interacción entre ambos, la medición introduce un cuarto elemento: el dispositivo de medición. En el experimento el objeto se rodea de un medio artificial para actuar sobre él y así analizar sus reacciones. En la experimentación, las variables que son deliberadamente modificadas por el experimentador se llama independientes y las que se modifican por los cambios de las primeras dependientes.

Los datos que ofrece el experimento sirven para apoyar o refutar las hipótesis, en ningún caso para aceptarlas sin reservas, ya que en la ciencia nada es concluyente, y por tanto, ni las hipótesis ni los datos que ofrece la experimentación.

Por ejemplo, deseamos contrastar la hipótesis de que el periodo del péndulo no depende de la masa que oscila, para ello se toman diferentes pesos y mantenemos constantes las demás variables, longitud, impulso, delgadez del hilo, etc. Para cada péndulo medimos su periodo de oscilación y comprobamos que las mediciones son iguales. Esto muestra que la hipótesis parece plausible.

- ***Diferencias entre el método inductivo e hipotético-deductivo***

Es práctico distinguir en el seno del método científico dos grupos de procesos perfectamente diferenciados, ya que desde un punto de vista didáctico son de bastante utilidad:

a) **MÉTODO INDUCTIVO:** está integrado por procesos científicos como la observación, clasificación, seriación, medición e inferencias inductivas. Su característica más importante es que, partiendo de los datos particulares elaborados a partir de la observación y mediante un proceso intermedio de ordenación de datos, se llega mediante distintos tipos de inferencias a conclusiones de carácter más general que las proposiciones empíricas de partida. Este método ya puede utilizarlo el alumno de operaciones concretas gracias a las primeras operaciones mentales adquiridas, sin

embargo, éstas no le permiten aún utilizar procesos científicos propios del método hipotético-deductivo.

b) **MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO**: abarca, además de los procesos científicos ya mencionados, los siguientes procesos más específicos de este método: planteamientos de problemas, formulación de hipótesis, control de variables, diseño de experimentos, inferencias deductivas y construcción de modelos. En este método la dirección particular-general es una mera posibilidad que se realiza en determinadas fases del mismo. La importancia de este método reside en que, partiendo de proposiciones generales (hipótesis), se llega a partir de inferencias deductivas a otras de carácter concreto que son las que permiten ser contrastadas empíricamente. Estas inferencias deductivas pueden ser ejecutadas por alumnos que se encuentren en el nivel de operaciones formales.

2.1.2 VISIONES MÁS Y MENOS ADECUADAS DEL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS

Coherente con la posición del **CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO** para entender ***el progreso del conocimiento de ciencias*** se perciben como poco adecuadas las posiciones que afirman que:

- La ciencia crece de forma lineal, acumulando datos, ideas, leyes y teorías (*visión acumulativa o de crecimiento lineal*).
- Existe un *método* (secuencia de procedimientos) tal que seguido mecánicamente y con rigor, da siempre buenos resultados (*visión rígida y algorítmica*). Esta visión olvida los logros al azar, la idea alocada, el tortuoso camino del investigador (aparecen procesos de rectificación, repetición, nuevas experiencias controlando mejor las variables, de ensayo y error, etc.), los "retoques" antes de publicar, etc.
- Es fruto de personas con facultades singulares o genios solitarios (*visión individualista o elitista*). Con esto se admitiría que los datos u opiniones de un genio bastan para aceptar o falsar una idea o una teoría, ignorando que estos procesos son colectivos.

La complejidad del crecimiento de las ciencias sólo se puede entender desde una posición **ORGANICISTA** pues:

- La realidad cambia con el cambio de teorías o de paradigmas y con éstas el núcleo duro de lo que no se puede falsar.
- Existen varios procedimientos según la fase constructiva del conocimiento de ciencias, a distinguir: a) previa, b) descubrimiento, c) comunicación, d) regulación

social y f) justificación. La a) y c) se acercan a la descrita como *método científico*, mientras que en la b) la línea marcada se vuelve tortuosa. El modelo de f) se ajusta al constructivista. Para entender la fase d) es necesario considerar la comunidad científica pues: a) regula la incorporación de aportaciones individuales, b) controla la difusión de ideas, c) gestiona con otras instituciones la ciencia, etc. La ciencia es sobre todo una construcción social.

Respecto a la ***naturaleza del conocimiento de ciencias*** se puede afirmar que son visiones poco adecuadas las que creen que:

- La ciencia se hace a través de un proceso de generalización desde enunciados observables (*inductivismo*). La observación de la naturaleza aporta datos que son fiel reflejo de ésta, de modo que los datos de un experimento pueden disipar dudas o revocar teorías (*empirismo*). La función de la ciencia es descubrir las reglas de la naturaleza más que inventar hipótesis o modelos para interpretarla (*visión ateórica*).
- La ciencia ofrece la imagen más exacta o más verdadera de mundo que nos rodea (*absolutismo*). A la vez, se suele ofrecer la anterior *visión acabada y dogmática* de la ciencia olvidando los problemas que en su momento se pretendían resolver y de los que surgió un determinado conocimiento o cuál fue la evolución de éste como consecuencia de nuevos problemas encontrados (*visión aproblemática, ahistórica y descontextualizada*).

VISIONES MÁS Y MENOS ADECUADAS DE LA CIENCIA		
	Posiciones menos adecuadas	Posición más adecuada
GENERALES	<ul style="list-style-type: none">▪ Dan prioridad al objeto (<i>empirismo</i>) o al sujeto (<i>racionalismo</i>).▪ Asumen correspondencia entre realidad y conocimiento (<i>realismo</i>). <i>Idealismo</i>.▪ Reduccionistas como el <i>mecanicismo</i> o que no diferencian lógica y psicología.	<p>Constructivismo Organico, que percibe la construcción como un proceso interactivo sujeto-medio. Lo asimilado por el órgano cognitivo no se corresponde con la realidad pero permite crear estructuras cada vez mejor adaptadas al medio.</p>
NATURALEZA	<ul style="list-style-type: none">• Generalización de datos observables (<i>Inductivismo</i>), leyendo por observación las leyes naturales (<i>empirismo</i>), no inventando teorías para interpretar(<i>ateórica</i>).• Ofrece la imagen la más exacta o más verdadera de mundo que nos rodea por lo que no cambia (<i>absolutismo, acabada y dogmática</i>).• Obvia los problemas de la época que pretendía resolver y los cambios históricos de problemas y soluciones (<i>aproblemática, ahistórica y descontextualizada</i>).	<p>Constante intención de confrontar las teorías con los datos empíricos. Esta es la visión del:</p> <ul style="list-style-type: none">• CONSTRUCTIVISMO, ya que confrontar destaca la experiencia, pero los datos no toman el valor del <i>empirismo</i>, y la actividad racional sin caer en <i>racionalismo extremo</i> al admitir factores menos racionales.• PRAGMATISMO para el que el criterio de validez de la teoría por su correspondencia con la realidad debe ser sustituido por otros más pragmáticos de utilidad, eficacia, productividad, etc.
PROGRESO	<ul style="list-style-type: none">• Crece de forma lineal, acumulando datos, ideas, leyes y teorías (<i>visión acumulativa o de crecimiento lineal</i>).• Existe un <i>método</i> tal que seguido con rigor, da siempre buenos resultados (<i>visión rígida y algorítmica</i>). Olvido de logros al azar, idea alocada, tortuoso camino del investigador...• Fruto de personas con facultades singulares o genios solitarios (<i>visión individualista o elitista</i>). Falso que ideas de genios basten para aceptar o falsar una teoría, ignorando que estos procesos son colectivos.	<p>El modelo ORGANICISTA puede entender procesos complejos como:</p> <ul style="list-style-type: none">• La realidad cambia con paradigmas y paradigmas, así como el núcleo duro de lo que no se puede falsar.• Procesos a varios niveles: a) previo, b) descubrimiento, c) comunicación, d) regulación social y f) justificación. La a) y c) según método científico y f) constructivismo• d) según regula la comunidad científica: aportaciones individuales, difusión de ideas y gestiona ciencia con otras instituciones.

La ciencia se construye en constante e intencional actitud de confrontación de las construcciones cognitivas de ciencias y los datos empíricos. Por tanto dan visiones más adecuadas de ésta:

- *El CONSTRUCTIVISMO*, ya que la continua confrontación empírica destaca el papel de la experiencia pero sin que los datos adquieran el valor que les suele dar el *empirismo* y, a la vez, se percibe como importante la actividad racional sin caer en el *racionalismo extremo* al admitir la intervención de otros factores menos racionales.
- El **PRAGMATISMO** para el que el criterio de validez de la teoría por su correspondencia con la realidad debe ser sustituido por otros más pragmáticos de utilidad, eficacia, productividad, etc., en la parcela de realidad donde está comprometido. Esta visión se aleja del *absolutismo* que toma la ciencia como el saber más verdadero.

2.1.3 MODELOS DE ENSEÑANZA BASADOS EN LA ANALOGÍA DEL "ALUMNO COMO CIENTÍFICO"

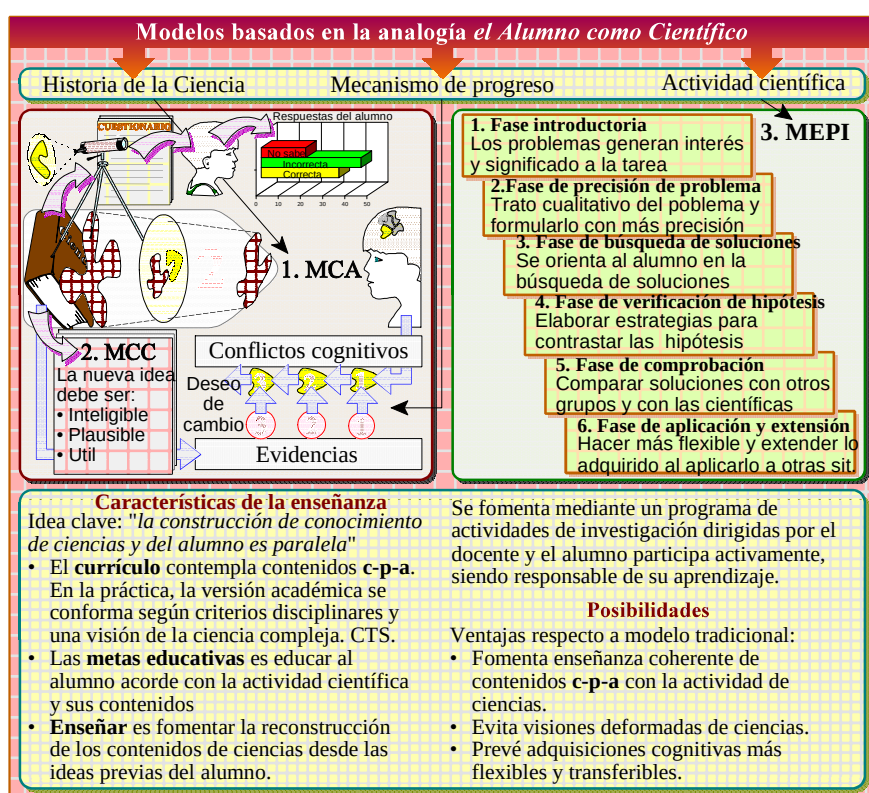
Basadas en la analogía del *alumno como científico* (AcC) se han realizado multitud de propuestas didácticas diferentes, por lo que se ha optado por extraer los puntos comunes asumidos por autores alineados a esta analogía. El núcleo duro de AcC, y clave para su interpretación adecuada, se centra en el supuesto "*paralelismo entre la construcción de conocimiento científico nuevo -producción científica- y la reconstrucción de los estudiantes, en cuanto a que en ambas se utilizan modelos subjetivos para interpretar la realidad*" (Jiménez Aleixandre, 2000). Esto lleva a asumir una visión del aprendizaje del alumno análoga a como se construye el conocimiento de ciencias (Claxton, 1994).

Veamos las posiciones generales que se mantienen desde AcC para la enseñanza de las ciencias:

- En el **currículo** se contemplan tanto los contenidos conceptuales como los procedimentales y actitudinales. Aunque en la práctica los contenidos se siguen estructurando según criterios disciplinares (Pozo y Gómez Crespo, 1998), su transposición didáctica se ve enriquecida por una visión de la construcción del conocimiento de ciencias que se aleja claramente de otras visiones deformadas como son la empirista, acumulativa, rígida, dogmática, descontextualizada, etc. (Duschl y Gitomer, 1991; Gil, 1994). Los MCCs principalmente contemplan contenidos conceptuales (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Está bastante consensuado que los contenidos del currículo deben contemplar las relaciones CTS (ciencia, tecnología y sociedad), tanto para contextualizarlos con los problemas que los originaron como para darles un sentido de utilidad en el entorno cotidiano. La dimensión social y tecnológica da al alumno una educación más rica y más acorde con la actividad de ciencias que otras visiones más tradicionales (por ejemplo, Mec, 1993; Solbes y Vilches, 1993; Acevedo, 1996).

- Las **metas educativas** de este modelo son coherentes con la visión de ciencias que sostiene desarrollar en el alumno no sólo contenidos conceptuales de ciencias sino también los métodos y valores característicos de este conocimiento producto de una construcción social.



- Enseñar** ciencias se percibe como una mediación en el aprendizaje del alumno, al entender que éste supone una reconstrucción individual de conocimientos partiendo de sus propias ideas, expandiéndolas o cambiándolas según los casos. Así, un modo coherente de enseñar ciencias es a través de *un programa de actividades, de situaciones de aprendizaje en las que los estudiantes construyan sus propios significados* (Jiménez Aleixandre, 2000). Las interacciones que contemplan estas actividades son múltiples: entre profesor y alumnos, entre estos mismos y entre éstos y las actividades de clase. En cualquier caso, un clima de diálogo en clase dando oportunidad a la negociación de significados se percibe como más conveniente (Wheatley, 1991; Osborne, 1996).

El alumno es responsable del proceso de aprendizaje mientras que el docente, como director de investigación, fomenta un ambiente de negociación dispuesto a modificar las actividades previstas si fuera necesario. El docente induce al alumno a participar activamente, incluso para desarrollar estrategias metacognitivas.

Las características específicas de los modelos basados en *AcC* más relevantes para la enseñanza de las ciencias son las siguientes:

A. Movimiento de las concepciones alternativas (MCA)

El MCA estuvo muy difundido en la década de los 80 (Gilbert y Swift, 1985; Driver y Oldhan, 1986; Driver, 1988; Driver, Guesne y Tiberghien, 1989). En el marco de este movimiento o modelo, se elaboraron multitud de trabajos cuya estructura básica presenta dos fases:

1. Se toma cierta información del alumno sobre lo que sabe del contenido de ciencias a enseñar.
2. Se establecen propuestas para la enseñanza de dicho contenido basadas en la información encontrada en el alumno (Marín y otros, 2001).

B. El modelo de cambio conceptual (MCC)

Los autores originales del MCC (Posner y otros, 1982) señalan que: "*la cuestión básica es determinar cómo cambian las concepciones al sufrir el impacto de los nuevos conceptos y evidencias..., creemos que existen pautas análogas de cambio conceptual en el aprendizaje [del alumno] con el propuesto por la filosofía de la ciencia contemporánea*".

El MCC supone que existen pautas análogas de cambio conceptual en las teorías de ciencias y en el aprendizaje del alumno, por lo que para promoverlo es necesario que se den las siguientes condiciones:

1. Debe existir **descontento** hacia la concepción espontánea que se desea cambiar. El sujeto no cambia los conceptos que tienen un papel capital en su pensamiento a menos que le parezca que éstos no resultan ya funcionales. Aun cuando el esquema no funciona bien, se suelen intentar solucionar los nuevos problemas que van surgiendo recurriendo a modestos cambios de éste, a menos que resulte demasiado evidente que sólo una completa revisión de sus conceptos solucionará esa falta de funcionalidad. Este *deseo de cambio de las ideas previas* es necesario fomentarlo mediante sucesivos conflictos cognitivos que se crearían al alumno presentándole tanto argumentos lógicos como evidencias empíricas.

2. La nueva concepción debe ser **inteligible**. El alumno sólo podrá empezar a explorar un nuevo concepto si éste le resulta mínimamente descifrable. Si es incomprensible para sus esquemas o va contra su intuición, es difícil que sea aceptado.
3. La nueva concepción debe parecer **plausible** inicialmente. Para aspirar a ser adoptada no necesita presentarse como verdad, basta con que parezca que puede serlo. Esta plausibilidad inicial depende de su potencial para resolver o dilucidar los problemas, cuestiones y evidencias empíricas que no han resuelto las concepciones espontáneas del alumno.
4. La nueva idea debe parecer al alumno **útil**, es decir, debe percibir en ella cierto valor pragmático para resolver nuevos problemas o poder ofrecerle la posibilidad de hacer nuevas previsiones. Debe ser capaz de convertirse en una herramienta de pensamiento útil.

C. Modelo de enseñanza por investigación

Un modo característico de la MEPI para secuenciar actividades que fomenten el cambio epistemológico (Gil, 1993a), sería el siguiente:

1. Plantear situaciones problemáticas que, teniendo en cuenta las ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes del alumnado, generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
2. Proponer al alumnado el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones para acotar problemas precisos (oportunidad para que comiencen a explicitar funcionalmente sus ideas).
3. Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, lo que conlleva, entre otras cuestiones a:
 - La invención de conceptos y emisión de hipótesis (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas 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 ocasionar un conflicto cognitivo entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis) y obligar a concebir nuevas hipótesis, etc.
4. Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos,

poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Técnica/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones) y dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene la ciencia.

Favorecer, en particular, las actitudes de síntesis (esquemas, memorias, mapas conceptuales,...), la elaboración de productos (susceptibles de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea) y la concepción de nuevos problemas.

Por último, indicar que la MEPI parece ser una propuesta didáctica que va más allá del MCC, ya que mantiene que éste sólo es posible si se intenta también un cambio en el modo de pensar del alumno (cambio epistemológico).

Posibilidades de los modelos basados en AcC

Los defensores de los modelos basados en *AcC* aprecian cualidades que recogen los aspectos positivos de los precedentes (modelos expositivos y por descubrimiento guiado por el método científico) y evitan los negativos. Además, aportan un marco para abordar, discutir o reformular en mejores condiciones los problemas sobre la enseñanza de las ciencias (por ejemplo, Gil, 1993; Jiménez Aleixandre, 2000).

Son muchos los argumentos que apoyan la eficacia de los modelos *AcC* para la enseñanza de las ciencias:

- Permite el diseño de una enseñanza coherente y bien estructurada que posibilita descentralizarse de aquella otra que gira exclusivamente alrededor de contenidos conceptuales, característica de los modelos de enseñanza expositiva (Marín, 1991; Gil, 1993). Se ligan consecuentemente los contenidos conceptuales de ciencias con la metodología utilizada para producirlos (Erazo y otros, 1994).
- Evita las típicas visiones deformadas del conocimiento de ciencias que suele inducir en el alumnado una enseñanza tradicional, potenciando una visión más acertada del desarrollo científico (Matthews, 1990; Gil, 1994).
- Se prevé la adquisición de capacidades procedimentales y conocimientos más flexibles y operativos con posibilidades para aplicarlos con éxito en la resolución de problemas nuevos no vistos en clase (Gil y otros, 1988; Barba y Rubba, 1993; Heyworth, 1999).
- Los modelos *AcC* que fomentan una enseñanza procedimental prevén la transferencia de los conocimientos adquiridos al entorno cotidiano.
- En la formación docente, posibilitaría apreciar y superar con criterios bien fundamentados las limitaciones didácticas que conllevan determinadas creencias

sobre cómo enseñar (Furió y Gil, 1989; Baena Cuadrado, 1993; Calatayud y Gil, 1993; Furió, 1994; Gil, 1994).

En definitiva, el modelo *AcC* prevé una educación científica para el alumnado adquiriendo conceptos, procedimientos y actitudes de ciencias de forma coherente con la actividad científica. Además, se supone que el conocimiento así adquirido puede ser transferido, en concreto, para resolver problemas auténticamente nuevos y en el contexto cotidiano.

2.2

ACERCANDO EL CONOCIMIENTO DEL APRENDIZ Y EL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS

Entre el conocimiento de ciencias y el del alumno existen notables diferencias, de modo que éstas restan validez a los modelos fundamentados en la analogía *AcC*. Las diferencias entre el conocimiento del alumno y el de ciencias permiten argumentar críticamente sobre las limitaciones de los modelos *AcC* para orientar la enseñanza de las ciencias.

Veremos que la enseñanza de las ciencias se puede ver como un esfuerzo para acortar las distancias entre el conocimiento del alumno y el de ciencias. Se han utilizado varias estrategias para lograr este acercamiento. Los modelos que presumen de la posibilidad de desarrollar diseños de enseñanza con mayores garantías para inducir en el alumnado buenos aprendizajes son los basados en "*alumno como aprendiz*".

2.2.1 DIFERENCIAS ENTRE EL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS Y EL DEL ALUMNO

Si los modelos del *AcC* resaltan las *analogías* entre los conocimientos de ciencias y del alumno, las *diferencias*, si las hay, deberán aportar suficientes argumentos para discutir la validez de tales modelos. Analicemos ahora si existen diferencias entre ambos conocimientos en cuatro aspectos relevantes:

2.2.1.1 *Influencia social.*

En ambos conocimientos los factores sociales son determinantes pero ni son los mismos ni influyen del mismo modo. Así, mientras que en el alumno actúan como condicionantes externos y sus construcciones cognitivas siempre se hacen en el interior del sujeto, en la ciencia sólo actúan como externos en la fase de producción individual de cada científico. En la fase de conocimiento socialmente construido, tanto en la mecánica que regula la incorporación de las aportaciones individuales al grueso de conocimiento consensuado de ciencias, como en la mecánica de desarrollo y cambio de teorías, los factores sociales son directamente determinantes de las construcciones cognitivas de ciencias. Así, mientras que factores económicos, sociales y racionales son más decisivos en las construcciones de ciencias, los psicológicos son más relevantes en el alumno. Mientras el soporte del conocimiento del alumno es su propia mente, en el de ciencias, existe una diversidad de formatos y soportes externos (libros, revistas

especializadas, actas de congresos, soportes informáticos, etc) donde lo usual es registrarlos con significantes verbales, matemáticos y gráficos.

2.2.1.2 Contexto donde se construyen

Existen tres escenarios donde se desarrollan ambos conocimientos de manera desigual:

- a) El *escenario cotidiano* acoge una diversidad de colectivos y tipologías individuales. Usualmente, lo que es objeto de ser tratado como problema es más bien el obstáculo que impide conseguir los objetivos de la actividad cotidiana (laboral, lúdica, de relación social, etc). Las soluciones son usualmente pragmáticas, particulares y no requieren ser útiles para otros problemas u otras personas. Los valores de este escenario están muy diversificados según grupos sociales y tipos de actividad.
- b) El *escenario académico* que es donde se transmite a los alumnos una serie de conocimientos estructurados y parcializados en disciplinas. Los fines y valores de este escenario dependen del modelo educativo, aunque es habitual que exista un desfase entre la práctica y los fines educativos declarados. Estos últimos casi siempre hacen referencia a la educación integral del alumno, igualdad de oportunidades, transferencia del conocimiento adquirido en clase para una mejor comprensión y actuación en el entorno cotidiano actual, etc. Algunos de estos objetivos se logran en parte, pero la meta real que predomina es la propedéutica: superar exámenes para pasar al siguiente nivel académico.
- c) El *escenario de ciencias*, donde se construye este conocimiento, muestra peculiares mecanismos para que la producción cognitiva sea convergente y coherente. Los fines y valores predominantes están mediatizados por el esfuerzo en producir un conocimiento válido, fiable y eficaz, principalmente para su uso pragmático en el ámbito de producción de bienes materiales (Vázquez y otros, 2001) que es donde este conocimiento mantiene su mayor compromiso (Chalmers, 1984).

El escenario de ciencias descrito, determina fuertemente el conocimiento de ciencias construido pero no hay que olvidar las complejas relaciones CTS (Fernández y otros, 2002) que también lo vinculan a la parte más interesada y material del escenario cotidiano, hasta el punto que determinan un buen número de direcciones de investigación (problemas medioambientales, desarrollo tecnológico, producción y control de bienes, etc). Por el contrario, el alumno adquiere desde la diversidad de actividades del escenario cotidiano (cognitivas, afectivas y motrices) un conocimiento eficaz para los problemas cotidianos pero corto para el escenario académico.

2.2.1.3 Procesos constructivos

A. *El alumno construye su conocimiento* a través de tres tipos interacciones básicas: físicas, vicarias y simbólicas (Rodrigo y otros, 1993; Marín, 1997). En el sujeto de la etapa infantil son más relevantes las interacciones físicas y vicarias que dan lugar a una estructura cognitiva de carácter procedimental e implícita muy ligada a lo afectivo. Después, en el proceso de socialización, comienzan paulatinamente a ser más relevantes sus interacciones simbólicas que le permiten construir sobre las anteriores otras estructuras de carácter conceptual. Esta *doble estructuración cognitiva* (conceptual y semántica-vivencial), y sus vínculos, permite explicar mejor la asignación de significados individuales (Claxton, 1987; Pozo, 1989). Así pues, en el *ámbito cotidiano* el alumno construye un conocimiento que posee una importante componente individual de carácter procedimental e implícita donde lo cognitivo y lo afectivo están fuertemente ligados. Este conocimiento queda lejos del alto grado de estructuración lógica del entramado conceptual del conocimiento de ciencias, pero es pragmático, adaptativo, fuertemente arraigado y, aunque distante del científico, útil y eficaz en el ámbito cotidiano (Pozo, 1999). Sin embargo, el mismo conocimiento es torpe y limitado en el entorno académico, que se manifiesta excesivamente local, egocéntrico y global (MEC, 1989). En el *ámbito académico*, el alumno adquiere en periodos de tiempo relativamente cortos gran cantidad de contenidos, normalmente en su versión declarativa, por lo que construye un conocimiento pobre en procedimientos y con poca flexibilidad para ser transferido. Alcanza sus mejores logros en el artificial contexto académico pero tampoco habría que desdeñar su utilidad en entornos cotidianos, ya que el nuevo léxico adquirido por el alumno le abre nuevas vías de comunicación y entendimiento, incluso, le aporta cierta formación procedimental (pensamiento matemático, habilidades lectoras, estructuración categorial), abundantes adquisiciones declarativas más memorísticas que significativas y con poca relación con el conocimiento cotidiano (Ausubel y otros, 1986; De Posada, 1996) y, ocasionalmente, algunas habilidades procedimentales científicas (Shayer y Adey, 1984; Marín 1986; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

La mayor parte de las construcciones cognitivas en contextos cotidianos y académicos pueden ser explicadas por procesos cognitivos de memorización, generalización y diferenciación (Pozo, 1989). Los desequilibrios cognitivos de mayor envergadura, si es que ocurren, se dan espaciados en el tiempo, por lo que pocos alumnos superan el nivel de operaciones concretas quedando lejos de desarrollar un pensamiento semejante al del científico (Shayer y Adey, 1984). Así, lo usual es que el alumno utilice estrategias inductivas o de ensayo y error. La regulación social del conocimiento del alumno actúa por igual sobre su sistema cognitivo y afectivo y se rige principalmente por pautas de inserción y pertenencia a diversos grupos de su entorno inmediato (familia, amigos, grupo escolar, etc.). Aunque la integración individual depende de la idiosincrasia de cada grupo, lo usual es que el entramado de normas, valores, creencias y vínculos afectivos

del grupo sean monedas de intercambio de más valor que, por ejemplo, las cualidades manuales o intelectivas.

B. El proceso de *construcción del conocimiento de ciencias* presenta una fase de construcción individual, usualmente en el contexto de equipos de investigación, y otra fase de construcción social, bastante más relevante que la individual, donde interviene de forma decisiva la comunidad de expertos. Para que sea compartido, el conocimiento de ciencias debe ser expresado de forma explícita en entramados conceptuales y simbólicos de alta precisión y coherencia a fin de que los significados no varíen mucho al compartirlos. Los fuertes mecanismos de regulación social de las aportaciones individuales lo que intentan es preservar el consenso y hacer más probable el progreso.

	Conocimiento del alumno	Conocimiento de ciencias
1 Soporte ¿externo o interno?	El soporte es orgánico (la mente). Las construcciones cognitivas son individuales por mucha influencia que tengan los factores sociales.	Soportes externos (revistas, libros, informático, etc). Al ser compartido, se debe registrar a través de significantes (signos, gráficos, palabras..)
2 Contexto donde se desarrolla el conocimiento	De la diversidad de actividades del <i>escenario cotidiano</i> surge un conocimiento eficaz para los problemas cotidianos pero corto en el <i>escenario académico</i> . Ambos conocimientos presentan pocos vínculos pues se adquieren de modo diferente.	El <i>escenario de ciencias</i> tiene fuertes compromisos con ámbitos de producción de bienes que exige un conocimiento válido, eficaz y que de soluciones a largo plazo. Fuerte compromiso cognitivo. Los vínculos CTS marcan la dirección de un buen nº de investigaciones.
3 Modos de adquirir y construir el conocimiento	La construcción cognitiva es doble, conceptual y vivencial. La mayoría de las adquisiciones se explican por procesos de reestructuración débil. La fuerte, si ocurre, se da muy espaciada, por lo que pocos alumnos superan el nivel concreto. La regulación social es externa.	Fase individual: la confrontación en debates y laboratorio multiplican las reestructuraciones fuertes, de donde surge potente pensamiento formal. Fase social: factores sociales (int-ext) regulan la incorporación individual, así como el desarrollo y aplicación de las ciencias.
4 Carácter del conocimiento construido	<ul style="list-style-type: none"> • Aspectos específicos: parte de la estructura vivencial está ligada a la conceptual y parte es implícita. El significado es vivencia orgánica. • Aspectos procedimentales: De tipo inductivo o ensayo y error. La información externa se procesa de forma muy limitada. 	Excepto en <i>la fase de descubrimiento</i> donde los tanteos del científico y del alumno se asemejan, en las demás fases de la construcción de ciencias (<i>previa, comunicación, regulación social y justificación</i>), predominan los procedimientos hipotético-deductivos.

2.2.1.4 Características

Las diferencias más destacables entre el conocimiento de ciencias y el del alumno son las siguientes:

A. *Diferencias sobre aspectos específicos del conocimiento vinculados a fenómenos físicos-naturales.* Frente a un conocimiento de ciencias altamente racional, explícito y coherente sobre los fenómenos físico-naturales, el conocimiento del alumno, desarrollado en un contexto de menos exigencia cognitiva, posee un grado de coherencia interna menor. Está orientado a ser un conocimiento funcional, pragmático y útil para las actividades cotidianas, en muchas de las cuales las cualidades afectivas

cuentan más que las cognitivas. Esto hace que el conocimiento que posee el alumno de los fenómenos físico-naturales, comparado con el de ciencias, sea global, centrado en un entorno específico cotidiano, subjetivo, en buena parte implícito y vinculado a su sistema afectivo. Éste se organiza en una doble estructura cognitiva conceptual y vivencial, donde lo conceptual, lo afectivo y lo sensomotriz está fuertemente mezclado y donde existen contenidos cognitivos implícitos que ni siquiera tienen vínculo con lo conceptual u otro tipo de significantes (Piaget, 1976; Karmiloff-Smith, 1994; Pozo, 2001). En muchos casos, el significado que asigna el sujeto a un concepto viene dado por una serie de vivencias orgánicas, cognitivas, afectivas y motrices (Castilla del Pino, 2000). *A nivel cuantitativo* existe buen número de contenidos cognitivos del alumno que no admiten vínculos lógicos o correspondencias con ningún contenido académico de ciencias, y lo contrario, el repertorio de esquemas cognitivos del alumnado sólo da significado, más o menos adecuado, a unos cuantos contenidos académicos, el resto los desconoce. Esto es un detalle que parece haberse pasado por alto en un buen número de trabajos donde al alumno se le han asignado "concepciones" que sólo estaban en la mente del investigador (Marín, Solano y Jiménez Gómez, 2001).

B. Diferencias sobre aspectos generales del conocimiento. Lo usual es que el alumno afronte las tareas y problemas cotidianos con estrategias inductivas o por "ensayo y error". El modo de procesar el alumno la información externa está muy determinado por lo concreto y lo perceptivo, percibe como necesario explicar lo que cambia no lo que permanece. Establece relaciones con limitaciones tales como enfatizar una dirección preferente en interacciones no lineales o establecer relaciones causales de semejanza y contigüidad (Driver, 1986; Pozo y Gómez Crespo, 1998). El entorno académico, más preocupado por enseñar y evaluar la versión declarativa de los contenidos de ciencias, no potencia el desarrollo procedimental, de manera que son pocos los alumnos que alcanzan el nivel formal (Shayer y Adey, 1984). Las características procedimentales anteriormente señaladas permanecen en la mayoría de la población estudiantil. Mientras que en ciencias, excepto en la fase de descubrimiento donde aparecen procedimientos semejantes a los del alumno, en las demás fases de la construcción del conocimiento de ciencias aparecen procedimientos hipotético-deductivos que se dan escasamente en el entorno cotidiano.

2.2.2 LIMITACIONES DE LOS MODELOS DE ENSEÑANZA BASADOS EN LA ANALOGÍA DEL "ALUMNO COMO CIENTÍFICO"

Mientras que la visión que mantienen los modelos *AcC* sobre la construcción del conocimiento de ciencias está bien desarrollada y consensuada, la que se maneja del

alumno es pobre, sesgada y, en ocasiones, errónea. El problema es que los modelos *AcC* han manejado un conocimiento del alumno muy mediatizado por el de ciencias. Esto quiere decir que se ha asociado al alumno una organización cognitiva y unos modos de aprender “*inspirados*” en la organización conceptual del conocimiento de ciencias (o su versión académica) y en la forma con que se produce el progreso de ciencias. El resultado es que se ha mantenido una visión deformada del conocimiento de ciencias demasiado racional, explícita y fácil para aprender.

De hecho, las limitaciones de los modelos *AcC* provienen principalmente de esta visión poco adecuada del conocimiento del alumno.

Limitaciones generales de los modelos ***AcC***:

Limitaciones	
<ul style="list-style-type: none"> • En la enseñanza no se tienen en cuenta modos de aprendizaje cognitivos peculiares del conocimiento individual que no dan en desarrollo del conocimiento de ciencias y, en general, en cualquier conocimiento externo al sujeto. • Los diseños de enseñanza esperan del aprendiz mayor movilidad y prestancia cognitiva que la prevista por modelos mejor fundamentados psicológicamente. 	1. Sobre MCA <ul style="list-style-type: none"> • De datos deficientes, medidas limitadas. • Aprender no es ligar i.p. con i.n.
	2. Sobre MCC <ul style="list-style-type: none"> • El aprendizaje es más que cc. • Visión interpretativa del aprendizaje.
	3. Sobre MEPI <ul style="list-style-type: none"> • No se ven limitaciones procedimentales • Actividad científica se ajusta a modos de aprender del alumno

- La relación entre enseñar y aprender que se mantiene desde *AcC* está sesgada dado que los diseños de enseñanza prevén mayor movilidad y prestancia cognitiva en los aprendizajes del alumno que las que reflejan los resultados académicos u otros modelos para enseñar ciencias mejor fundamentados psicológicamente.
- En la enseñanza no se tienen en cuenta modos de aprendizaje que son peculiares del conocimiento individual y que no se dan en desarrollo del conocimiento de ciencias y, en general, en cualquier conocimiento externo al sujeto. Por ejemplo:
 - La toma de conciencia de las estructuras cognitivas implícitas características del conocimiento cotidiano del alumno suponen procesos constructivos (Piaget, 1978).
 - Los procesos de abstracción reflexiva que permiten construir estructuras procedimentales.
- La estructura y organización conceptual de las ciencias es un modelo deficiente de la estructura cognitiva del alumno, que es percibida más racional y declarativa de lo que es en realidad (Pintrich, 1999; Marina, 1998). La organización del conocimiento del alumno, con fuerte relación cognitivo-afectiva y contenidos implícitos, no se pueden asimilar a la organización cognitiva de ciencias. Ésta es más bien un entramado conceptual regido por una lógica de clases donde se busca

coherencia, coordinación y precisión entre la extensión y comprensión de los conceptos.

Entre las limitaciones específicas de cada modelo se podrían destacar las siguientes:

1. Sobre el modelo del "movimiento de las concepciones alternativas" (MCA)

- La información tomada del alumno está seriamente limitada (se obvian aspectos relevantes del conocimiento del alumno: ideas sobre el entorno cotidiano, habilidades procedimentales, contenidos implícitos, estructuras cognitivas procedimentales, etc.) y sesgada (la búsqueda e interpretación de datos está guiada por el contenido académico cuyas concepciones del alumno se desea conocer).
- Se liga en un solo paso la información sobre el conocimiento del alumno con sus implicaciones para la enseñanza (Viennot, 1985; Hewson, Beeth y Thorley, 1998), como si el aprendizaje del sujeto se redujera a establecer relaciones o asociaciones sencillas entre ideas previas y nuevas. Esta imagen del aprendizaje choca con la dificultad manifiesta del alumno para adquirir o comprender los diferentes contenidos de ciencias y con diversos tipos de aprendizaje mejor fundamentados psicológicamente (Piaget, 1978; Claxton, 1987; Pozo, 1989; García Madruga, 1990; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

2. Sobre el modelo del cambio conceptual (MCC)

- Los modelos que explican el progreso de teorías y conceptos de las ciencias son poco adecuados para entender el desarrollo cognitivo del alumno. El sujeto tiene muchos modos de aprender que no son *cambio conceptual* (Claxton, 1987; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Oliva, 1999; Marín, 1999).
- Se maneja una visión del aprendizaje que se denomina realismo interpretativo. Esto se percibe cuando el MCC centra sus esfuerzos en cambiar las ideas de los alumnos por las de ciencias en la categoría de conocimiento correcto, verdadero y aceptado (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

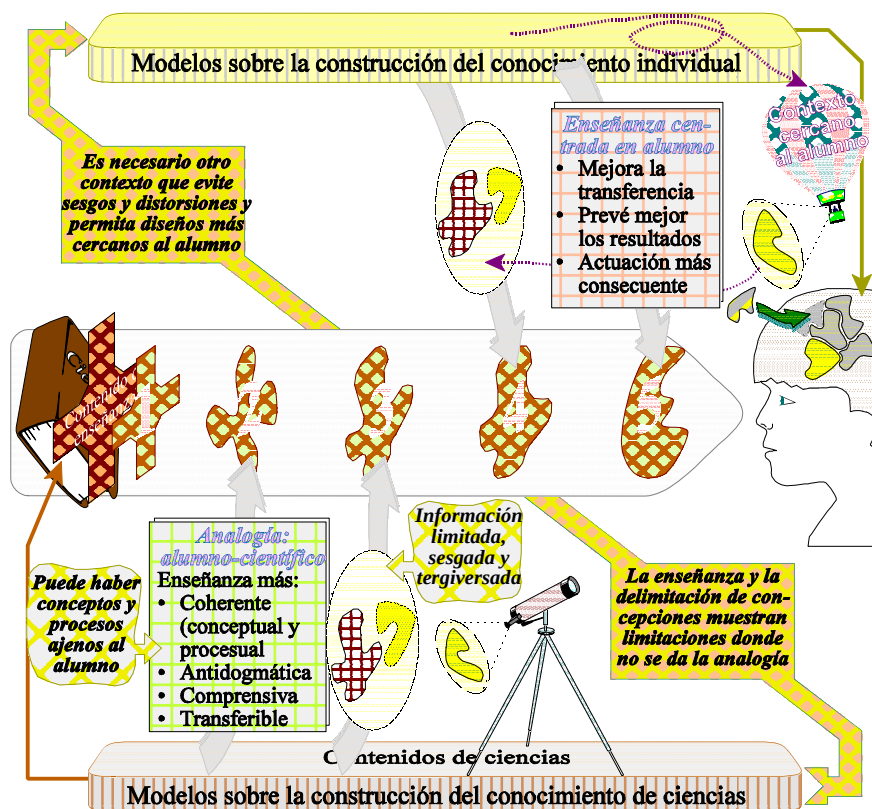
3. Sobre el modelo de enseñanza por investigación (MEPI)

- Se obvian o no se hacen intervenir adecuadamente las capacidades y limitaciones procedimentales de los alumnos (Piaget, 1977b; Shayer y Adey, 1984; Lawson 1993). Esto es un requisito básico para evitar que el alumno se frustre intentando desarrollar actividades con un nivel de exigencia por encima de sus capacidades procedimentales (Marín, 1991). En secundaria, poco más del 20% de los alumnos de secundaria alcanzan algunas habilidades del pensamiento formal (Shayer y Adey, 1984; Marín, 1986), el resto no tendría suficientes recursos cognitivos para realizar las actividades del MEPI.

- Entre ellos afirman que "la metáfora que contempla a los alumnos como investigadores noveles proporciona una mejor apreciación de la situación de aprendizaje" (ver Valdés y otros, 2002), es decir, se asume cierto isomorfismo entre actividades de clase por investigación y la mecánica de aprendizaje del alumno cuando se afirma que las secuencias procedimentales propias de la actividad científica suponen la condición óptima de clase para fomentar el aprendizaje de ciencias. Es dudoso que los procesos constructivos del aprendizaje sean similares a los que se usan en la construcción social de ciencias si se tiene en cuenta las diferencias procedimentales entre unos y otros (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

2.2.3 MODOS DE ACERCAR EL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS AL DEL ALUMNO

Uno de los problemas más relevantes de la enseñanza de las ciencias es salvar la distancia entre el conocimiento del alumno y el científico. Existen varios modos de transformar el contenido de enseñanza para lograr un aprendizaje más eficaz:



- Utilizando la lógica del contenido científico se transforma éste en otro "más sencillo" o con un "nivel más bajo".

2. Supone una mejora considerar en la enseñanza de las ciencias cómo se produce el progreso de teorías o cómo es la actividad para producir conocimiento de ciencias bajo la analogía *AcC*, con ellos se consigue:

- Diseños de enseñanza coherentes y bien estructurados donde los contenidos procedimentales y conceptuales se entrelazan adecuadamente.
- Evitar visiones deformadas de las ciencias.
- Lograr que el alumno adquiriera un conocimiento más flexible y transferible.

3. La enseñanza fundamentada en el *AcC* pudiera poner en juego conceptos y procedimientos ajenos a las capacidades y esquemas cognoscitivos del alumnado, por lo que se requiere tomar información sobre estos aspectos del alumno, sin embargo, es usual que esto se haga tomando como referencia los contenidos de enseñanza, lo que conlleva algunas deficiencias:

- La información está limitada, sesgada y tergiversada.
- A falta de instrumentos que permitan expectativas o hipótesis sobre cómo aprende el alumno, los trabajos son inductivos y descriptivos.

Así pues, puesto que los diseños de enseñanza y la delimitación de concepciones muestran sus deficiencias allí donde no se da la analogía entre alumno y científico, es necesario la utilización de un contexto más cercano al alumno. Este contexto se encuentra entre las teorías sobre cómo organiza el conocimiento el sujeto y cómo aprende, a partir del cual se puede deducir:

4. Una serie de orientaciones metodológicas para tomar datos del alumno evitando sesgos y distorsiones y así reconstruir de un modo más fiel el conocimiento del alumno.

5. Una serie de orientaciones didácticas para desarrollar una instrucción más acomodada al conocimiento del alumno.

Por lo tanto, el uso de este nuevo fundamento (teorías y modelos cognoscitivos y la epistemología del sujeto), permite mejorar la transferencia (el diseño instruccional se basa en un buen conocimiento de los esquemas del alumno y de sus mecanismos de desarrollo), prever mejor los resultados de la acción docente y que ésta sea más consecuente.

2.3

MODELOS FUNDAMENTADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO

Una vez que se ha visto que entre las distintas opciones básicas para acercar el conocimiento de ciencias al del alumno, los modelos basados en "*alumno como aprendiz*" son los que garantizan una enseñanza más cercana, se pretende ahora delimitar un marco sobre la organización y desarrollo del conocimiento en el alumno que permite superar las creencias deformadas detectadas sobre este conocimiento que sostienen los modelos basados en *AcC*.

A partir de una visión más adecuada de la cognición del alumno se deducirá una serie de orientaciones didácticas bien fundamentadas en los diferentes modos con que éste adquiere nuevos conocimientos.

Finalmente se propone un modelo por descubrimiento dirigido basado en "*alumno como aprendiz*", coherente con las anteriores orientaciones didácticas.

El mensaje final para el futuro docente de ciencias es que ningún modelo puede resolver todos los problemas encontrados en la enseñanza de las ciencias. Según la situación de clase, el contenido que se va a enseñar y los objetivos de enseñanza que pretenda, el profesor de ciencias será quien decida sobre el abanico de opciones, el modelo más adecuado, conociendo sus limitaciones y posibilidades.

2.3.1 VISIONES MÁS Y MENOS ADECUADAS DEL APRENDIZ DE CIENCIAS

También para buscar una posición adecuada para estudiar al aprendiz de ciencias seguimos siendo coherentes con la posición del **CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO**.

Para analizar la ***organización cognitiva*** del sujeto:

- Se percibe como pocos adecuados los modelos que ven la organización cognitiva como si fuera una estructura conceptual. Es más adecuado percibir al sujeto con, además de estructuras conceptuales, otros contenidos cognitivos, por ejemplo, los contruidos por interacción personal con su entorno físico cotidiano. Éstos poseen a menudo carácter implícito y procedimental sin mucho vínculo con la estructura conceptual (se sabe hacer pero no decir). Tales contenidos suelen estar vinculados fuertemente a lo afectivo (objetos preciados).

- No parece adecuado percibir el conocimiento del alumno como incoherente, fragmentado y confuso, por el contrario, éste siempre se esfuerza en pos de la coherencia, la cual es una consecuencia necesaria de la tendencia orgánica de autorregulación y equilibración por las que se rigen sus construcciones cognitivas. Desde la perspectiva del propio sujeto, su conocimiento es coherente, útil y eficaz para responder a las usuales demandas de su entorno cotidiano. El conocimiento del alumnado sólo "parece" incoherente cuando se le compara con el académico, el cuál tiene otro modo de organizarse.

POSICIONES Y MODELOS SOBRE EL APRENDIZ DE CIENCIAS		
	POSICIONES MENOS ADECUADAS	POSICIÓN MÁS ADECUADA
GENERALES	<ul style="list-style-type: none">■ Dan prioridad al objeto (<i>empirismo</i>) o al sujeto (<i>racionalismo</i>).■ Asumen correspondencia entre realidad y conocimiento (<i>realismo</i>). <i>Idealismo</i>.■ Reduccionistas como el <i>mecanicismo</i> o que no diferencian psicología y lógica.	<p>Constructivismo Organico, que percibe la construcción como proceso interactivo sujeto-medio. Lo asimilado por el órgano cognitivo no se corresponde con la realidad pero permite crear estructuras cada vez mejor adaptada al medio</p>
ORGANIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none">■ Se asimila a la estructura conceptual de los contenidos de ciencias o no se percibe como necesario diferenciar.<ul style="list-style-type: none">- El referente de búsqueda de ideas previas es el contenido académico.- Modelos conceptuales en aprendizaje significativo y reestructuración fuerte.- Ideas incoherentes, fragmentadas...■ Actitud realista al buscar ideas previas. No se toman medidas para:<ul style="list-style-type: none">- Reducir sesgos del investigador- Evaluar fiabilidad y validez de datos.	<ul style="list-style-type: none">■ No se puede asimilar a la estructura de conceptos académicos ya que el sujeto posee contenidos cognitivos:<ul style="list-style-type: none">- Implícitos, procedimentales y ligados a lo afectivo que no tienen carácter conceptual- Diferentes a los académicos.■ La tendencia de autorregulación genera un conocimiento coherente. El sujeto percibe su conocimiento útil y válido.■ Contexto teórico adecuado para reducir sesgos y tomar medidas para elegir los datos más válidos y fiables.
APRENDIZAJE	<ul style="list-style-type: none">■ Algunos modelos sobre construcción cognitiva de ciencias sirven también para el aprendiz. Por ejemplo:<ul style="list-style-type: none">- El conflicto cognitivo de ciencias es similar al del alumno.- La simulación de la actividad científica en clase favorece el aprendizaje.■ Posturas realistas sobre posibles vínculos entre enseñar y aprender.<ul style="list-style-type: none">- Se puede aprender lo que se enseña.- Actividad científica = aprendizaje.- Vincular ideas nueva a ideas previas.	<ul style="list-style-type: none">• Prevé construcciones cognitivas diferentes para el aprendiz:<ul style="list-style-type: none">- Incremento para asimilar, coordinación y diferenciación de esquemas.- Abstracción reflexiva.- Toma de conciencia.• Entre conocimiento y realidad existe una membrana que impide:<ul style="list-style-type: none">- Comparaciones o apropiaciones directas con el exterior.- Tomar significados desde exterior.- Vínculos entre enseñar y aprender.

- No parece adecuado que muchos trabajos sobre concepciones del alumnado no tomen medidas para compensar la parcialidad del investigador o no apliquen controles técnicos en la toma e interpretación de datos que evalúen su grado de fiabilidad o validez. No toda respuesta del alumno representa su conocimiento, pues es posible dar respuestas "in situ", al azar o dando un significado diferente. Existen contextos teóricos y metodologías que minimizan los sesgos y permiten seleccionar los datos más válidos y fiables. Los sesgos del investigador no se pueden evitar, pero es posible tomar medidas para minimizarlos.

En lo que respecta al **aprendizaje del alumno**:

- Es poco adecuado pensar que el alumno aprende de forma parecida al modo en el que en ciencias una teoría sustituye a otra o a la forma en la que llevan a cabo los

expertos su actividad científica. Coherentes con el **constructivismo orgánico** es adecuado percibir **construcciones cognitivas** por: a) asimilación y acomodación, b) coordinación y diferenciación de esquemas, c) procesos de abstracción reflexiva o d) toma de conciencia. Los modelos sobre construcción cognitiva de ciencias no tienen validez para el sujeto dadas las diferencias cognitivas entre ambos.

- No parece adecuado establecer vínculos directos entre enseñanza y aprendizaje tales como admitir que de un modo inmediato (visión directa) o mediato (visión interpretativa) se llega a conocer exactamente lo enseñado, asumir cierto isomorfismo entre actividades por investigación y aprendizaje del alumno o pensar que aprender se reduce a relacionar las ideas nuevas con las previas. Resulta más adecuado pensar que si toda construcción cognitiva del sujeto es interna, las condiciones externas de enseñanza pueden no ser suficientes ni necesarias por lo que no se pueden establecer vínculos causales entre enseñar y aprender. Para comprender esto mejor habría que imaginar que existe una membrana entre conocimiento y realidad que impide a) comparaciones o apropiaciones directas de la realidad y b) pensar que desde el exterior puede llegar al sujeto tanto significativo como significado, éste siempre es atribución del sujeto. Ahora bien, la flexibilidad de la membrana permite construir modelos del objeto cada vez más próximos pero sin alcanzarlo nunca (Piaget, 1977a).

2.3.2 LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO

Un primer acercamiento a un modelo sobre la construcción del conocimiento en el alumno se ha realizado en el apartado anterior al tomar partido por el **CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO** sobre cuestiones de organización y construcción cognitiva. Ahora, se trata de mantener la coherencia con la posición adoptada para proponer un modelo que detalle cuestiones de la construcción cognitiva del sujeto.

A. Tipos de interacción del sujeto con su medio

El sujeto realiza construcciones de conocimiento tanto por su propio desarrollo como por procesos de aprendizaje a través de las múltiples interacciones con el entorno. Existe una fuerte interrelación entre desarrollo y aprendizaje, si el primero aporta el "substrato cognitivo" donde asimilar o aprender lo nuevo, el segundo va enriqueciendo la estructura cognoscitiva con nuevos "elementos cognitivos" que hacen posible el avance en el desarrollo (Pozo, 1989). Esta visión sobre la construcción del conocimiento queda lejos de posturas innatistas y empiristas (Piaget, 1977a; Delval, 1997; Marín, 1997).

Centrando la atención en las interacciones del sujeto con su medio que posibilitan aprendizaje, éstas se podrían clasificar en tres grandes grupos bien diferenciados:

- *Interacciones físicas* (Rodrigo y otros, 1993 las denominan "experiencias directas"). El sujeto como entidad física e individual que es (al igual que cualquier objeto, tiene peso, puede desequilibrarse, posee inercia, etc.) lleva a cabo interacciones con los objetos materiales y personas que le rodean como puede ser sujetar, transportar, cortar, transformar, etc. (Piaget, 1980b; Marín, 1997), ahora bien, buena parte de esas interacciones son guiadas por una actividad mediatizada y regulada por el contexto cultural y social donde está inmerso, el cual es también determinante del tipo de objetos con los que el sujeto va a interaccionar (Leontiev, 1979).
- *Interacciones por significantes* (Rodrigo y otros, 1993 las denominan "experiencias simbólicas"). El sujeto se apropia de buena parte del vasto bagaje cultural a través de significantes verbales, simbólicos, gráficos, etc., interaccionando en los dominios sociales donde está inmerso, algunos tan importantes como la familia, la escuela, las amistades, los medios de comunicación (TV, ordenador, libros, revistas), etc.
- *Experiencias vicarias o por observación*. El sujeto adquiere una valiosa información a través de la observación de las conductas de los demás que le permite modelar la suya propia por mecanismos de predicción, autorregulación, autorrefuerzo y autoevaluación; todo ello le conduce a rápidos aprendizajes sin la necesidad de los lentos procesos de ensayo y error (Rivière, 1990) característicos de las interacciones físicas.

En el sujeto de la etapa infantil son más relevantes las interacciones físicas y vicarias que dan lugar a una estructura cognitiva de carácter procedimental e implícita muy ligada a lo afectivo, después en el proceso de socialización, comienza paulatinamente a ser más relevantes sus interacciones simbólicas que le permiten construir sobre las anteriores, otra estructura de carácter conceptual. Esta doble estructuración cognitiva, y sus vínculos, explican mejor la asignación de significados (Claxton, 1987; Pozo, 1989).

B. Organización de la estructura cognoscitiva

Si no parece adecuado usar un modelo de estructura conceptual para entender la organización del conocimiento del sujeto por su carácter excesivamente "*lógico*", tampoco parece adecuado usar el concepto como unidad de organización, entonces ¿cuál podría ser la unidad más adecuada? El constructo "esquema" presenta un claro vínculo con los típicos "efectos" psicológicos como son los interpretativos, inferenciales y prototípicos del sistema cognitivo (Piaget, 1977a; Pascual-Leone, 1979; Delval, 1997). El esquema a diferencia del concepto, es una unidad molar de la organización cognitiva construida por el sujeto por su interacción con un sector de la realidad y suele tener

contenido implícito al sujeto sin vínculo con su estructura conceptual, el cual le infiere destrezas manipulativas e intelectivas frente al medio o capacidades para procesar información. Veamos un ejemplo con el *esquema cinético* que construye el sujeto con sus interacciones con objetos en movimiento:

- En juegos se interacciona con objetos en movimiento como canicas, trompos, tabas, coches de juguete retroactivos, etc.
- En deportes como tenis, fútbol, carreras, etc.
- En la vida cotidiana tanto cuando se está subido en un coche como cuando se intenta cruzar la calle.

Todo ello genera en el sujeto ciertas destrezas que le permiten prever trayectorias utilizando como indicador la velocidad del móvil, por ejemplo:

- "A la velocidad que va ese coche, me da tiempo a cruzar la calle", "puedo adelantar teniendo en cuenta a qué velocidad va el coche que me antecede y el que viene, siempre que yo haga la maniobra con una determinada rapidez"
- En deportes como el ping-pong, tenis, baloncesto, fútbol, etc, permiten prever la posición del móvil y estar allí para cuando llegue éste.

También aporta al sujeto capacidad de asignar significados cuando el profesor le habla sobre el concepto de velocidad, cuando debe responder en un examen o cuando habla sobre el tema con los amigos. Parte del esquema puede ser expresado verbalmente.

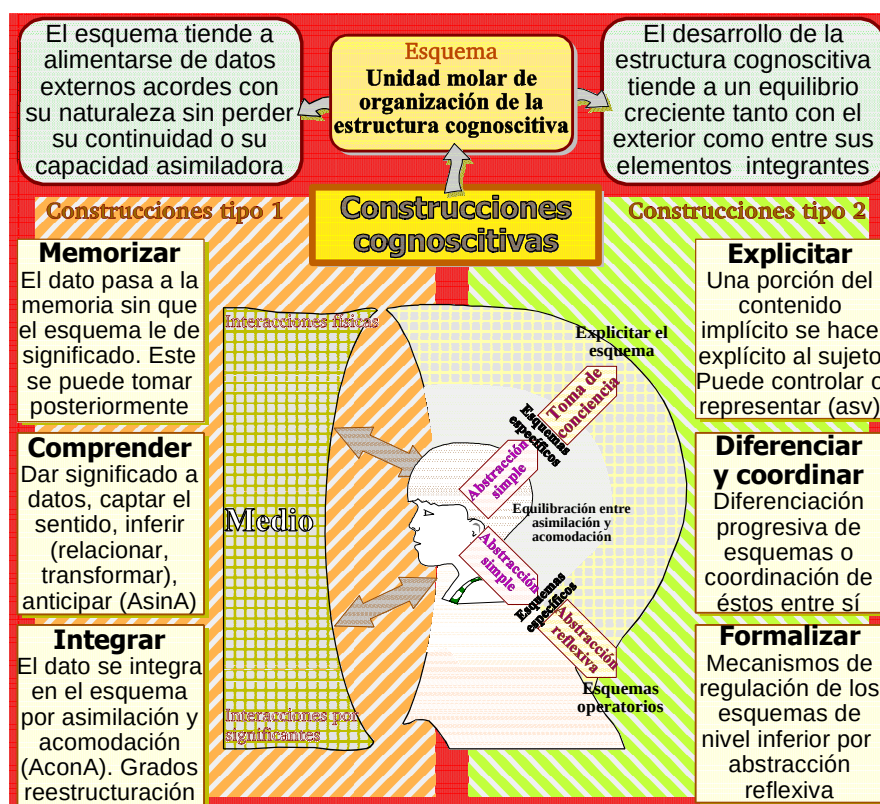
Sin precisar mucho, se podría entonces imaginar un modelo para la organización cognitiva del sujeto formado por una estructura de esquemas agrupados jerárquicamente en dos niveles (Marín, 1994):

- En el primer nivel, estarían los esquemas específicos, es decir, esquemas cercanos al frente donde se producen las interacciones del sujeto con su medio y que se crearían por procesos de abstracción simple o empírica.
- En el segundo nivel, más profundo, sufriendo un nuevo proceso de abstracción desde el primer nivel, estarían los esquemas operatorios postulados en la teoría piagetiana.

Al menos, dos elementos más habría que considerar en la estructura cognoscitiva:

- Instrumentos del pensamiento figurativo como son los significantes verbales, los signos y símbolos y las imágenes mentales (Piaget, 1980a), caracterizados principalmente por carecer de capacidad transformadora y anticipatoria.

- Esquemas sentimentales (Marina, 1996, Castilla del Pino, 2000). También el sistema afectivo está organizado en esquemas. Aunque no han sido muy considerados en psicología cognitiva, no dejan de ser tan importantes en las construcciones cognitivas por muchas razones, de las que se exponen dos:
 - a) modulan la interacción de los esquemas cognitivos con los objetos según el vínculo afectivo que el sujeto mantiene con ellos. Así, el sujeto apenas interacciona con "objetos que le resultan indiferentes o faltos de valor" o multiplica sus interacciones con aquellos que le son de interés.



- b) El modo de gestionar los conflictos cognitivos depende mucho de su sistema afectivo. Así, según las relaciones de amor-odio puede aumentar el rechazo hacia el objeto o puede acercarse más intentando una mayor comprensión.

C. Tipos de construcciones cognitivas. La teoría de la equilibración de Piaget

Las interacciones del sujeto con su medio son desequilibrantes por el desfase existente entre conocimiento y realidad. El carácter autorregulador de la estructura cognitiva busca constantemente nuevos equilibrios y en este proceso surgen nuevas construcciones cognitivas. Todo conocimiento consiste en suscitar nuevos problemas a medida que resuelve los precedentes, es decir, la equilibración cognoscitiva nunca cesa, si no es a título provisional. El equilibrio se logra realizando nuevas construcciones de dos formas diferentes, como resultado: a) del éxito de las regulaciones de las

perturbaciones externas (abstracción empírica) o b) del mismo mecanismo de regulación (abstracción reflexiva)

C1. Construcciones tipo 1. Las modificaciones en los esquemas específicos por abstracción empírica.

Son las construcciones que el sujeto realiza directamente por la interacción de los esquemas específicos con el medio (abstracción empírica) que poco a poco van enriqueciendo y ampliando su capacidad asimiladora. Toda construcción cognitiva por abstracción empírica conlleva dos procesos básicos: asimilación y acomodación. En efecto, un esquema específico se construye mediante la abstracción de lo que es común al conjunto de interacciones del sujeto sobre un dominio específico del medio. Dado que el sujeto está en constante interacción con el medio, con cada nueva interacción se activan varios esquemas que filtran (interpretan) el dato percibido. El proceso de ***asimilación*** consiste en activar el esquema que esté más en consonancia con ese dato. Además, lo nuevo no se incorpora como un añadido sino como un "miembro de pleno derecho", de forma que se reajustan los elementos constituyentes del esquema interrelacionándose con el nuevo elemento, es decir, se produce un proceso de ***acomodación*** del esquema a lo nuevo. La capacidad asimiladora del esquema con nuevas adquisiciones gana en extensión y precisión.

Lo adquirido en una interacción no siempre acaba integrado en uno o varios esquemas por asimilación y acomodación, tal es el caso en que el dato no es familiar a ninguno de los esquemas existentes, como por ejemplo, el estallido de un globo para un niño pequeño o la sensación que soporta el ama de casa al tocar polos contrarios de un cable eléctrico: el suceso queda memorizado pero de ningún modo integrado en un esquema. Actualmente se admite que no se puede integrar en la estructura cognoscitiva nada nuevo si no existe un esquema cognoscitivo que permita dicha asimilación (Pozo y otros, 1991a).

A veces prevalece la asimilación sobre la acomodación, tal es el caso de una persona que ante una evidencia mantiene su punto de vista, es decir, su esquema cognitivo, y lo contrario, la acomodación prevalece sobre la asimilación, cuando flexibilizamos o modificamos un esquema para integrar un nuevo dato en nuestra estructura cognoscitiva. Lo normal es que exista un equilibrio entre asimilación y acomodación. No hay equilibrio del sujeto con el medio si hace prevalecer su esquema por encima de la evidencia o vive sin expectativas o sin hacer previsiones de forma que hace un gasto excesivo de energía tratando de reaccionar acomodándose en cada momento al medio.

Estos desequilibrios entre asimilación y acomodación no son la norma, por supuesto, la estructura cognoscitiva evoluciona buscando un equilibrio con el entorno y entre los distintos elementos que la componen (Piaget, 1978).

Las construcciones más usuales de tipo 1 son:

- ***Integración (AconA)***. Tiene lugar cuando los datos que aporta la interacción del sujeto con el medio se incorporan a un esquema por los procesos de asimilación y acomodación anteriormente descritos. La integración del lo nuevo supone un enriquecimiento del esquema que gana en extensión y, además, puede transferir lo nuevo ante una diversidad de contextos. El esquema amplía su estructura a la vez que se reestructura. La evolución lógica de un esquema que se enriquece es la ***diferenciación***, un proceso semejante a la mitosis celular por el que poco a poco se van generando nuevos esquemas a partir de uno antiguo. De este modo los nuevos esquemas ganan en precisión y capacidad de acomodación. Ocurre cuando un esquema burdo como el de cantidad de materia el sujeto comienza a diferenciar el peso y el volumen (Piaget, 1978). Otro proceso constructivo que se da entre esquemas específicos es el de ***coordinación*** que consiste en la colaboración entre esquemas, antes desligados, para sus actividades de asimilación.

- ***Procesos de asimilación sin acomodación (AsinA)***. En sentido estricto, Piaget opina que si hay asimilación siempre debe haber acomodación por pequeña que ésta sea. Sin acomodación no hay proceso constructivo. Sin embargo, muchos autores admiten que de este modo el esquema se enriquece y gana en extensión (Pozo, 1989). De cualquier modo existe *AsinA* en el proceso de *comprender*, es decir, dar significado a significantes como a los datos de la experiencia, a los datos perceptivos, a las imágenes, a los signos y símbolos, a los significantes verbales, etc.; o en procesos de *inferir*, por ejemplo, a partir de datos perceptivos, anticipar la comprensión de un texto leído, para completar algo incompleto o lo que sucederá en un fenómeno, establecer relaciones causales, prever el efecto que puede ocasionar determinada causa o el estado final de un sistema en movimiento, etc. También *transformar* la realidad introduciendo en ella, por ejemplo, líneas paralelas y ortogonales o sistemas de referencia, crear un orden en las experiencias, estableciendo correspondencias, clasificando los objetos y sucesos, seriando según una característica, etc., resolver problemas cotidianos que se oponen a la consecución de nuestros fines o los que se plantean en el ámbito académico.

- ***Memorización***. Ocurre cuando el dato se inserta como añadido en la memoria sin que exista algún esquema que le haya podido dar significado. Tampoco considera Piaget que esto suponga proceso constructivo pero sí es considerado como tal desde visiones conductistas. En cualquier caso sí que existe acuerdo en suponer que los esquemas intervienen para almacenar y recuperar información en la memoria, hasta el punto de que los datos almacenados a través de un esquema son después "reinterpretados" cuando son recuperados por el mismo esquema pero que ha evolucionado con el tiempo

(Davidoff, 1989). El sujeto no es consciente de que modifica los datos almacenados en su memoria de largo plazo (Piaget e Inhelder, 1984).

C2. Construcciones tipo 2.

Son construcciones más complejas dado que surgen por procesos de abstracción de los materiales cognitivos de tipo 1. Del tipo 2 encontramos las siguientes construcciones:

- **Explicitar** el contenido de un esquema de naturaleza implícita y procedimental, al poder ser representado mediante significantes. Cuando estos son verbales al proceso se le puede denominar **conceptualizar**. El mecanismo por el que el sujeto toma conciencia de parte del material implícito de un esquema no se puede reducir a un simple esclarecimiento que no modifica ni añade nada, sino que supone construcciones cognitivas que permiten reconocer los medios empleados entre el objetivo de la acción y sus resultados, apreciar las razones de una elección o evaluar los resultados según las modificaciones realizadas, así como establecer vínculos con el material simbólico del sujeto (imágenes, representaciones, significantes verbales, etc) para así volverse el esquema más explícito, representativo y susceptible de evocaciones en extensión (Piaget, 1976). Además, al hacerse representacional, el sujeto adquiere un mayor control del contenido cognitivo (Karmiloff-Smith, 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1998).
- **Diferenciar** varios esquemas desde otro que se ha desarrollado notablemente y **coordinar** entre sí varios esquemas para hacer más efectiva la asimilación. Estos dos procesos se dan tanto en los esquemas específicos como en los operacionales.
- **Formalizar** esquemas operacionales. Por abstracción reflexiva surgen estructuras cognitivas operacionales de nivel superior que actúan como reguladoras de las inferiores (esquemas específicos), compensando desde entonces su actividad asimiladora. El proceso de abstracción reflexiva no acaba en el segundo nivel, pudiendo existir nuevos niveles de abstracción, formando totalidades que autorregulan la actividad asimiladora de los esquemas de niveles inferiores mucho más eficazmente, tal es el caso de las operaciones formales. La abstracción reflexiva conlleva un "proceso de reflexión" en el sentido de una proyección a un nivel superior de lo extraído del nivel precedente (coordinación de esquemas de acción y los mecanismos de regulación de los esquemas del nivel inferior) y un "producto de la reflexión" en el sentido de una reconstrucción o reorganización cognitiva en el nuevo nivel que actuaría desde ese momento como regulador del nivel inferior.

Las construcciones de tipo 2 tienen en común que no son tan dependientes de las interacciones del sujeto con su medio como las de tipo 1. Aunque es condición necesaria que existan construcciones cognitivas de tipo 1 para que se den las de tipo 2, la condición suficiente depende en buena medida de procesos internos del sujeto como

son: maduración, calidad y cantidad de las interacciones, tipo de entorno social, su organización y estructura sentimental, tiempo, dedicación e interés interaccionando (reflexionando) con objetos cognitivos de tipo 1, etc.

¿En qué puede repercutir este entramado teórico en una clase práctica de ciencias? Aunque se dará soluciones a la cuestión en los apartados que restan se podría adelantar, por ejemplo, que los conceptos implicados en los tres principios de la dinámica (inercia, fuerza, aceleración, acción y reacción, etc) suponen realizar construcciones cognitivas sobre esquemas específicos que en algunos casos ofrecen visiones contrarias a las académicas, lo que significa que habrá que abrir varios frentes donde el alumno pueda interaccionar con objetos ligados al contenido y también saber que los procedimientos científicos están ligados a las construcciones de tipo 2 denominadas **formalizar** por lo que no son posible enseñarlos directamente y sí crear las condiciones adecuadas para cada contenido específico a fin de provocar en el mismo alumno un proceso de abstracción reflexiva.

2.3.3 SUGERENCIAS DIDÁCTICAS "ALUMNO COMO APRENDIZ"

A partir del modelo sobre la construcción del conocimiento en el alumno, se puede deducir una serie de sugerencias didácticas generales referidas a procedimientos, orden, modos de proceder, sugerencias, medidas a tener en cuenta, etc. para diseñar la enseñanza de ciencias. Veamos algunas de las más relevantes:

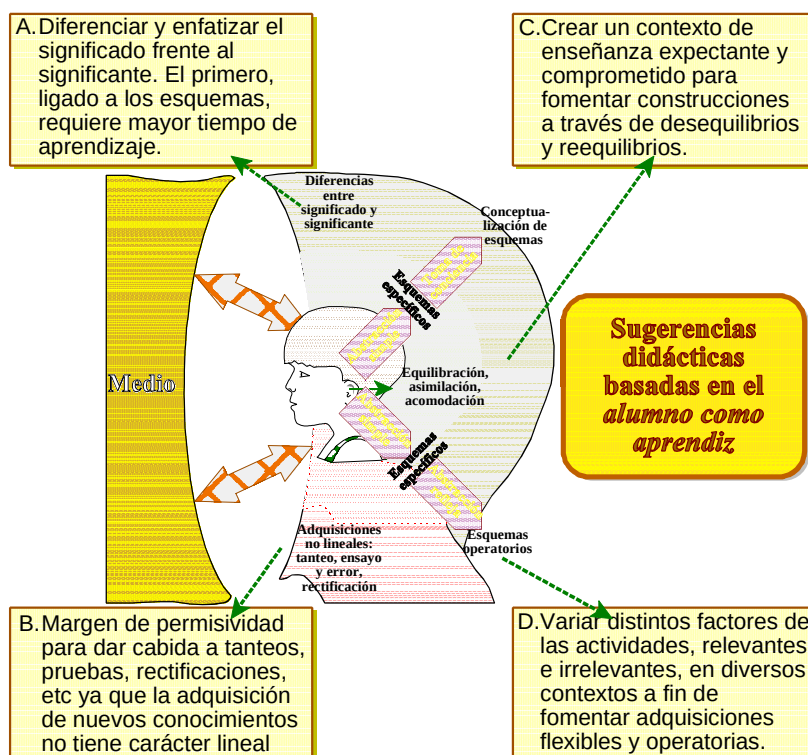
A. Diferenciar y enfatizar el significado frente al significante. El primero, ligado a los esquemas cognitivos, requiere mayor tiempo de aprendizaje.

El alumno no aprende del mismo modo los significantes y los significados de un contenido de ciencias (Piaget, 1977a; Claxton, 1987) por esta razón es importante distinguirlos en el contenido de ciencias que se va a enseñar para tratarlos didácticamente de un modo diferenciado: ni se enseñan lo mismo, ni se aprenden igual. Así pues:

- Los **significantes** son instrumentos simbólicos que usamos para declarar o transmitir lo que sabemos. Además del significante verbal, existen otros como los gestos, signos, símbolos, imágenes, gráficos.
- El **significado** es el contenido cognitivo que se asocia al significante. Tal asignación es muy diferente según se refiera a conocimientos socialmente compartidos o al conocimiento individual.
 - Cuando es *conocimiento compartido* éste está obligado a hacerse explícito y la usual moneda de intercambio cognitivo es el *concepto*. El significado de un concepto

depende del contexto y del entramado semántico en el que se inserta. En los diccionarios, el significado de un concepto se perfila mediante otros significantes en combinación con adecuadas reglas gramaticales, aún así, *el significado del concepto, hecho explícito de este modo, queda lejos del significado individual* (Marina, 1998).

- En el *conocimiento individual*, el significado son las asignaciones que el sujeto hace a los significantes a través de sus esquemas y estructuras de conocimiento. Por ejemplo, el significado del significante árbol es todo el conjunto organizado de experiencias empíricas y simbólicas que ha llevado a cabo el sujeto con tal objeto. Mientras el significante permanece constante, el significado cambia y se enriquece a lo largo del tiempo ya sea por experiencia personal o vicaria o por interacciones simbólicas (usualmente conceptuales).



Lo que "pasa" de una persona a otra son los significantes, después cada cual le asocia unos significados de forma que no necesariamente los significados del emisor del mensaje son los mismos que el del receptor. Usualmente emisor y receptor para un mensaje dado comparten un núcleo de significados pero estos son diferentes para uno y otro.

Llamamos **versión declarativa** de un contenido de ciencias a la descripción estrictamente verbal o escrita del contenido a través de significantes. Un problema relevante de la enseñanza de ciencias es conseguir que el alumno realice una asignación lo más amplia, rica y profunda a esta versión declarativa. Adquirir esta versión

declarativa es relativamente fácil, pero la adquisición de los significados es más laboriosa y requiere una mayor atención en los procesos de enseñanza (Claxton, 1987).

La importancia del significado de un contenido es, usualmente, mayor que la del significante, ya que supone el desarrollo de nuevas estructuras cognitivas que, además, les permite mejorar sus respuestas frente a problemas que le plantea el medio, transferir sus conocimientos a nuevas situaciones, utilizarlos alejados del momento en que fueron asimilados, etc.

Si la enseñanza se centra en la versión declarativa del contenido de ciencias y el alumno no dispone de conocimientos previos, utilizará básicamente procesos nemotécnicos. Sobre algunos contenidos de ciencias, el alumno trae del entorno cotidiano algunos **significados** desarrollados a través de sus interacciones en su entorno cotidiano. En estos casos, puede haber comprensión del mensaje verbal pero si se usa sólo un método expositivo, es difícil que pueda integrar el nuevo conocimiento en algún esquema ya establecido y es muy probable que sea olvidado con relativa rapidez.

Los frentes didácticos que se pueden usar en clase de ciencias para desarrollar los significados son múltiples:

- Actividades donde el alumno trabaja sólo con significantes, estableciendo correspondencias, buscando significantes en sopas de letras, asociando significantes a gráfico (el recurso más ramplón y no por ello menos usual).
- Debate en clase donde los alumnos intercambian puntos de vista sobre el contenido enseñado.
- Búsqueda de información en diversas fuentes y elaboración de una síntesis.
- Aplicación del conocimiento enseñado para realizar ejercicios y problemas.
- Intensificar y diversificar las interacciones del alumno con situaciones y objetos tanto cotidianos como novedosos, ligados al contenido objeto de enseñanza. Esta medida resulta muy eficaz en Primaria. Las actividades deben contener interacciones donde el alumno sea lo más activo posible, diversificadas y cualitativamente diferentes a las que se puede encontrar en su entorno natural. En particular, se buscarán interacciones con objetos y situaciones que no son frecuentes en su entorno cotidiano, a fin de que éstas supongan un desarrollo y enriquecimiento de sus esquemas en extensión y, por tanto, en capacidad asimiladora.

B. Margen de permisividad para dar cabida a tanteos, pruebas, rectificaciones, etc. ya que la adquisición de nuevos conocimientos no tiene carácter lineal

Tiene carácter linear la explicación del profesor que procura seguir una secuencia lógica en la exposición o la lectura en voz alta de un libro, pero lo normal es que el alumno no adquiera el mensaje conforme lo escucha.

Ante un mensaje sencillo, presentado en su versión conceptual y suponiendo que quien lo escucha tiene los esquemas de conocimiento apropiados, es posible que conforme se expone se vaya comprendiendo. Pero esto no es lo usual cuando los contenidos académicos son nuevos.

Un buen número de experiencias con niños y adolescentes (Marín, 1997) muestran que para resolver una cuestión problemática o adquirir el significado de una experiencia el sujeto requiere procesos de tanteo, rectificación, ensayos y error, etc. En general, el aprendizaje supone procesos cognitivos no lineales que no pueden ser asimilados a una secuencia lógica, no habría más que pensar en cómo se aprende a andar, montar en bicicleta o para coger habilidad jugando al tenis.

Sugerencias didácticas

- Las actividades de enseñanza no deben marcar un ritmo preestablecido y lineal; un tipo de enseñanza abierta, donde pueda entrar en juego la duda, el error y los tanteos tanto empíricos como mentales del sujeto parece ser lo más apropiado, en tanto que se ajusta mejor al modo con que la estructura cognoscitiva integra nuevos datos o conocimientos. La actividad se debe formular con un margen de actuación del alumno tal que evite restringir en exceso sus respuestas, por ejemplo, que sólo tenga que afirmar o negar y, a la vez, se evite lo contrario, una formulación tan abierta que el alumno no tenga información suficiente para desarrollar la actividad.
- No parece que sea lo más indicado fijar con rigidez un ritmo y un tiempo de enseñanza. Habría que dejar un margen para la actuación del alumno, ya que el tiempo que necesita para integrar un nuevo concepto o destreza, depende en gran medida de su nivel de conocimientos tanto conceptuales como procedimentales. Además, este nivel no es el mismo para toda la clase.

C. Crear un contexto de enseñanza expectante y comprometido para fomentar que el alumno realice nuevas construcciones a través de disequilibrios y reequilibrios

Ante una posible adquisición cognoscitiva caben una serie de posibilidades:

- Que lo que se va a adquirir no sea familiar a ningún esquema del sujeto en cuyo caso puede ocurrir que:

1. Se haga ***caso omiso***, p.e. la reacción de un alumno de primaria ante el concepto de ión (los significantes tanto en lo definido como en la definición son desconocidos).
2. Sólo sea posible la ***memorización*** de los significantes del contenido.
- Que lo que se va a adquirir sea familiar a algún esquema del sujeto en cuyo caso puede que:
 3. Exista una ***comprensión*** del contenido a adquirir o se pueda dar un significado a los significantes, pero no se integre en un esquema, así, se puede comprender la explicación del profesor pero si falta interés por mantener la información, no existe necesidad de retenerla o no se ponen las condiciones adecuadas de aprendizaje, dicha información cae en el olvido después de un cierto periodo de tiempo.
 4. Se den las condiciones adecuadas de interés y necesidad en el sujeto y unas condiciones de aprendizaje (pueden estar ligadas unas y otras) tal que la nueva adquisición se pueda integrar en uno o varios esquemas formando parte de éstos, de tal manera que el nuevo conocimiento permite una mejora de las conductas intelectivas del sujeto, permitiéndole actuar, explicar, prever los acontecimientos del medio cotidiano.

Adquirir los nuevos conocimientos de este modo no es tarea fácil ni para el docente ni para el alumno. Según la teoría de la equilibración de Piaget (1978), el enriquecimiento de un esquema no se da mediante simples añadidos de nuevas incorporaciones, más bien se hace de forma análoga a como se realiza la incorporación de un alimento para desarrollar nuestro organismo biológico, mediante procesos de asimilación y acomodación. Las nuevas incorporaciones suponen perturbaciones que suelen provocar desequilibrios más o menos acusados en los esquemas, y es el esfuerzo del sujeto por buscar nuevos equilibrios lo que produce el avance cognoscitivo de éste (se postula que el sujeto siempre trata de mantener su equilibrio, externo con el medio e interno entre los distintos esquemas).

Sugerencias didácticas

En la ***fase de perturbación***, ésta puede venir de las interacciones de los esquemas con los datos que le llegan del exterior, de una coordinación deficiente entre los mismos esquemas o de una deficiente integración de un esquema en totalidades organizadas de la estructura cognoscitiva.

Para lograr en clase estas perturbaciones o conflictos cognitivos se deben plantear situaciones problemáticas en las actividades al alumno. La enseñanza tradicional eminentemente expositiva, impide crear este tipo de perturbaciones. Éstas se consiguen

al convertir las partes del contenido en situaciones problemáticas que debe enfrentar el alumno, por eso es necesario crear inicialmente una actitud expectante y de compromiso en éste. Obsérvese que el requisito del desequilibrio no se dará si:

- el sujeto no quiere entrar en el juego de la asimilación y acomodación de lo nuevo (indolencia, desmotivación, falta de interés, etc.),
- si producido éste, el sujeto vuelve a su anterior equilibrio rechazando o negando la perturbación (predominio de su esquema por encima de otras evidencias),
- si lo que se propone como elemento de perturbación es para él algo irrelevante,
- si el dato es tan novedoso que es imposible la asimilación.

Conseguida la perturbación, conflicto cognitivo o desequilibrio, la posibilidad de una nueva adquisición por asimilación y acomodación se puede dar en el caso en que el nuevo dato resulte más o menos familiar para los conocimientos del sujeto, esté interesado o motivado para adquirirlo y se establezcan las condiciones necesarias de enseñanza.

Este modo de proceder busca en el alumno un **esfuerzo cognitivo** que no se daría si todo se va explicando. Éste es el que lleva al alumno a realizar nuevas construcciones en busca de un nuevo equilibrio que se puede conseguir de varios modos:

- Aumentando en extensión la capacidad asimiladora de sus esquemas o estructura cognitiva.
- Diferenciando los esquemas que permiten asimilaciones más adecuadas y precisas.
- Creación de esquemas de rango superior (operacionales) mediante abstracciones más profundas (abstracción reflexiva) de las novedades integradas.

Para ayudar al alumno en esta nueva **fase de reequilibración**, se requiere diseñar actividades encaminadas a invitar al alumno a reflexionar en determinadas direcciones donde puede estar la solución, ya que la reequilibración al ser un proceso interno al sujeto requiere un tiempo de reflexión para reajustar sus esquemas iniciales, con el fin de incorporar los nuevos conocimientos (acomodación).

Tanto en una fase como en otra, mostrar soluciones al comienzo es poco menos que inhibir las reconstrucciones cognoscitivas necesarias para llegar a la reequilibración. Este es el fundamento principal de la **enseñanza por descubrimiento dirigido** basado en la teoría de la equilibración de Piaget (1978).

Obsérvese que el control del docente para crear perturbaciones y reequilibrios es indirecto y queda lejos del nivel de control que pudiera existir cuando sólo se pretende que el alumno memorice o comprenda. Por esto, la motivación y las construcciones

internas del alumno tienen la última palabra de su aprendizaje por muy buenas condiciones de enseñanza que diseñemos. Es importante cuidar las condiciones afectivas para que el alumno entre con interés al desarrollo de las actividades que le conducen a una adquisición cognoscitiva. Se pueden establecer las condiciones precisas que posibilitan un desequilibrio, pero si no es aceptado como tal por el alumno, porque no está motivado o le falta interés, no hay nada que reequilibrar o lo que es lo mismo, no existe aprendizaje.

D. Variar los distintos factores que intervienen en las actividades, tanto relevantes como irrelevantes en una diversidad de situaciones específicas y a diferentes niveles de dificultad a fin de fomentar un conocimiento flexible y operativo.

Las habilidades procedimentales tales como controlar variables, emitir hipótesis y poner en juego estrategias para verificarlas, establecer relaciones causales, etc., están íntimamente ligadas a la formación de los esquemas operacionales de modo que habría que conocer cómo se forman para tomar medidas didácticas consecuentes.

Los esquemas operacionales son contruidos por el sujeto en un proceso lento denominado abstracción reflexiva y consiste en la construcción de una subestructura de índole operacional desde reiterados procesos de regulación para lograr el equilibrio de uno o varios esquemas específicos inicialmente desequilibrados por perturbaciones o conflictos cognitivos (Piaget, 1978, p. 33).

Sugerencias didácticas

Para la enseñanza de las ciencias, de este mecanismo psicológico de construcción cognitiva propuesto con detalle por Piaget, interesa considerar lo siguiente:

- es un proceso complejo y difícil de llevar a la práctica,
- requiere de una secuencia continuada de conflictos cognitivos ante una diversidad de contenidos específicos,
- no es algo que se pueda aprender directamente, sólo es posible establecer, una y otra vez, condiciones de enseñanza en la misma dirección (siguiendo el modelo de abstracción reflexiva) y esperar que el alumno termine realizando la construcción. Los esquemas específicos generados por abstracción empírica a partir de las interacciones del sujeto con su medio se pueden construir con relativa facilidad, no así los esquemas operacionales que requieren un proceso constructivo más lento.

Lo cierto es que si no se crean las condiciones adecuadas en la enseñanza, las operaciones tendrán un desarrollo pobre o simplemente se estancarán (Shayer y Adey, 1984; Marín, 1986). *"El no está ya asegurado"*. Las construcciones operatorias son

difíciles de fomentar pero no imposibles. De hecho, existen diferentes experiencias exitosas (Inhelder y otros, 1975; Shayer y Adey, 1992a, 1992b y 1993), pero ***se requiere condiciones de enseñanza coherentes con el modelo piagetiano durante periodos largos de tiempo.***

Estos trabajos contienen algunas condiciones de enseñanza comunes y son las siguientes:

- Las estrategias de enseñanza deben ser consecuentes con el modelo de abstracción reflexiva propuesto por Piaget (1978).
- Se precisa crear unas condiciones de enseñanza que consideren las otras sugerencias didácticas (principalmente B y C):
 - Actividades procedimentales con un margen de actuación que den lugar a tanteos, rectificaciones, verificaciones, etc. (B)
 - Un tiempo para la reflexión, esfuerzo y reajustes cognoscitivos que posibiliten la activación de la abstracción reflexiva del sujeto. (C)
- Deben existir secuencias de actividades que recojan diferentes ***estrategias de variación*** de los distintos factores que intervienen en las situaciones problemáticas:
 - Variando, más o menos, el valor de una determinada variable significativa de la situación planteada. El alumno debe reflexionar en qué afectan los cambios respecto al estado anterior de la situación.
 - Realizando cambios en los factores irrelevantes de la situación de enseñanza sin variar los aspectos estructurales de forma que lo esencial se siga conservando.
 - Transformando el estado inicial de una situación física y solicitando previsiones sobre el estado final de ésta.
 - Provocando un determinado fenómeno donde subyace una determinada relación causal en la que algunos factores de los que intervienen son difíciles de percibir por el alumno: causa, efecto o la transmisión entre causa y efecto.
 - Aplicando las anteriores variaciones en una diversidad de contextos o situaciones de enseñanza diferentes para cada contenido de enseñanza y para los diferentes contenidos. Si las operaciones se generan de la coordinación de las acciones, sería procedente que las condiciones para el desarrollo de cada una de éstas se realizará ante una diversidad de contenidos.

Además de fomentar la construcción de estructuras operacionales, las estrategias de variación pueden servir también para desarrollar los esquemas específicos, puesto que al ejercitarse repetidamente permiten generalizarse a la diversidad de contextos. El

resultado académico que se pretende es que el alumno adquiera los contenidos de un modo más flexible, más rico en significados y con posibilidades de ser transferidos a otros contextos. El coste, claro está, es la necesidad de tiempos de aprendizaje mayores para cada contenido.

2.3.4 MODELO POR DESCUBRIMIENTO DIRIGIDO BASADO EN EL "ALUMNO COMO APRENDIZ"

Un método coherente para llevar a la práctica las orientaciones didácticas basadas en el "*alumno como aprendiz*" es el llamado **método de enseñanza por descubrimiento dirigido** (MDD) que consiste en una secuencia de actividades, instrucciones e información que se rige por los siguientes principios y sugerencias:

- El diseño de actividades no debe suponer que el contenido se haya enseñado con anterioridad, si así fuera, lo que se está diseñando es una secuencia de actividades de comprobación o evaluación del contenido enseñado. Las actividades del MDD deben desde el principio y paulatinamente ir induciendo o enseñando al alumno las distintas partes del contenido.
- Las actividades por DD se rigen por el principio de que "*todo lo que se le enseñe al alumno, se le impide que lo pueda descubrir por él mismo*" o lo que es lo mismo "*lo que el alumno pueda construir por él mismo no se le debe enseñar*". No significa esto que se deba dejar sólo al alumno en el descubrimiento. Las actividades lo orientan para realizar las construcciones cognitivas que estén a su alcance, en ocasiones el docente le puede aportar claves y, si es necesario, le puede aportar información, si bien, ésta debe reducirse al mínimo, de modo que todas aquellas partes o ideas parciales del contenido a enseñar que puedan ser descubiertas por el alumno se debe evitar que se den expositivamente. Sólo cuando estemos seguros de que la información a enseñar no puede ser descubierta por el alumno, se le dará, y en el momento oportuno que, en general, será después de las actividades que han conseguido que el alumnado adquiera, hasta donde sea posible, el significado de la información que se le piensa dar

Las actividades deben diseñarse buscando una máxima participación del alumno en la construcción de los nuevos conocimientos y, por tanto, habrá que minimizar las explicaciones del profesor.

- En la enseñanza por descubrimiento es "*mejor enseñar después que antes de la actividad a realizar*", se pretende con esto obligar al alumno a realizar un esfuerzo

cognitivo que se vería reducido drásticamente si realiza la actividad sólo para comprobar lo enseñado (Marín, 1984).

- La información que es usual dar en el MDD es la relacionada con una definición más o menos elaborada (densidad, hidratos de carbono, falla, etc.), con un criterio de clasificación (clases de rocas, tipos de alimentos, tipos de palancas), con los significantes científicos que se utilizan para nombrar a las cosas (nombre de los huesos, de los distintos cambios de estado, de los árboles, etc.), etc. Sin embargo, el significado asociado a los anteriores significantes es mejor que el alumno lo construya por él mismo, aunque sea parcialmente. Sólo después de adquirir los significados, se completa la información que sea necesaria o se le da aquella que contiene los significantes científicamente aceptados.
- Las actividades del alumnado deben iniciarse a partir del conocimiento que el alumno posee sobre el contenido a enseñar, por lo tanto aludiendo a situaciones vividas por el alumno en el entorno cotidiano o reconstruyéndolas en clase con situaciones y objetos más académicos. Después, las actividades se dirigen a extender, ampliar, conceptualizar y dar un mayor grado de objetividad a dicho conocimiento, pero siempre con relación a situaciones y objetos ubicados más allá de su entorno cotidiano. La Educación Primaria no necesariamente debe tener como meta la adquisición del conocimiento científico preciso o formal, es suficiente que el conocimiento adquirido pueda servirle para conseguir niveles superiores de adaptación a su medio.

Según lo anterior, una secuencia coherente con MDD, y considerando las limitaciones procedimentales del alumno de primaria, sería la siguiente:

1. Fase introductoria

Tiene una función instrumental respecto a la siguiente fase: supone algún tipo de presentación para contextualizar la fase de interacción. Esto se puede hacer concretamente a través de un planteamiento de cuestiones donde se motive e implique al alumno en la dinámica que supone desarrollar las fases siguientes.

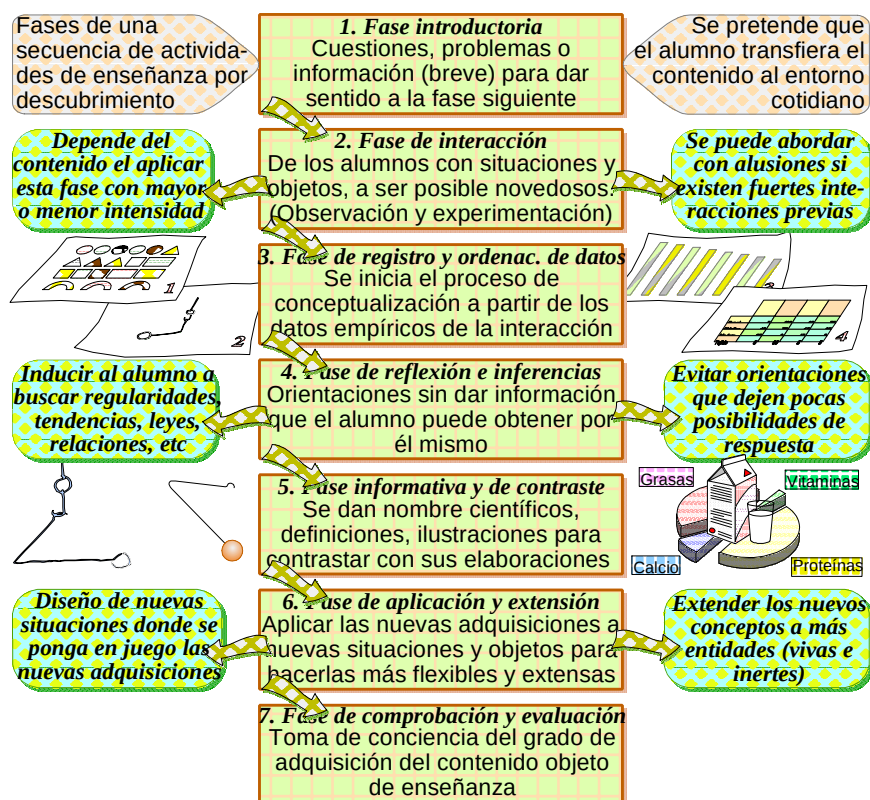
Esta primera fase se puede omitir si se aprecia que el alumno posee suficientes nociones previas como para poder contextualizar, por él mismo, la siguiente fase.

2. Fase de interacción

Se hará interaccionar al alumno con situaciones y objetos ligados al contenido a enseñar, procurando que éstos sean diversos y le aporten experiencias diferentes a las cotidianas. Ésta es una fase de observación y experimentación que es más fácil desarrollar en actividades con algunos contenidos del Medio Natural que con otros:

- a) Más fácil con contenidos como "las máquinas simples", "la alimentación", "uso y propiedades de los materiales", "cuerpos opacos, translúcidos y transparentes" etc.
- b) Un poco más difícil con "el ciclo lunar", "huesos", "músculos", etc.
- c) Más difícil aún con "el aparato digestivo", "el ciclo del agua", "animales vertebrados e invertebrados", "rocas", etc.

A veces puede ocurrir que en ciertos contenidos como "alimentación", "estaciones", "higiene", etc. sea más rentable e igualmente eficaz, sustituir las actividades de interacción por **alusiones** a experiencias que sabemos posee el alumno, más que llevar a clase alimentos, algunos elementos diferenciadores de las estaciones, un cepillo de dientes, etc.



3. Fase de registro y ordenación de datos

Un primer paso básico para que las interacciones se puedan conceptualizar es registrarlas por alguna de las técnicas siguientes:

- Clasificar, por ejemplo, materiales en buenos y malos conductores de la electricidad (circuitos eléctricos), alimentos que engordan frente a los que no lo hacen (alimentación), entidades en vivas e inertes (seres vivos e inertes), músculos que pueden subir mucho peso y otros que son débiles (músculos), huesos largos y cortos (huesos), etc.

- Dibujar, por ejemplo, cómo puede ser algo que sólo se palpa ("huesos"), cómo puede quedar algo después de hacer tal o cual cosa ("máquinas"), esquemáticamente algo complejo, etc.
- Rellenar tablas de doble entrada donde enfrentamos, por ejemplo, periodos con altura, número de hojas, grosor del tallo ("plantas"), periodos con posiciones y formas ("fases de la luna"), estaciones con algunos elementos diferenciadores ("estaciones"), etc.
- Realizar distintos tipos de seriación según el factor que más interesa, por ejemplo, ordenando de mayor a menor según el grado de flexibilidad de los objetos ("materiales"), según puedan tener mayor o menor movimiento distintas entidades ("seres vivos, seres inertes"), según se deje pasar la luz ("cuerpos opacos translúcidos y transparentes"), etc.

4. Fase de reflexión, inferencias y conclusión

Una vez creado cierto orden en los datos, es necesaria una serie de actividades que inviten a reflexionar, relacionar y razonar al alumno a fin de ir conceptualizando ("sacando ideas") lo percibido en las interacciones. El paso de la experiencia a la conceptualización de ésta no es sencillo ni evidente.

Es preciso ir induciendo al alumno a buscar relaciones, regularidades, tendencias, leyes, que le llevan a forjarse nuevas ideas.

En esta fase de reflexión y búsqueda, si es que el alumno no avanza, el docente deberá dar orientaciones, claves o pistas, resaltar una determinada tendencia o una relación, enfatizar unos datos sobre otros, pero en ningún caso se debería dar información que el alumnado pueda descubrir por sí mismo.

Aunque es lo más cómodo para todos, habría que renunciar a que el profesor termine realizando las actividades y dando las soluciones, de ser así es preferible la enseñanza expositiva cuyo coste en recursos y tiempo es menor.

5. Fase informativa y de contraste

En muchos casos cuando el alumno haya adquirido el significado de un contenido en las anteriores fases es necesario informar de los nombres científicos como pudiera ser el caso en "huesos" y "músculos" o incluso ir acompañado de una definición más precisa, caso que se podría dar en "alimentación" o "propiedades de los materiales".

Es posible que fruto de sus interacciones e indagaciones el alumno haya realizado dibujos de cómo cree que pueden estar dispuestos los músculos, los huesos o el aparato digestivo, en esta fase sería el momento de presentarle láminas con las disposiciones

correctas a fin de que el alumno pueda comparar con sus propuestas, realizar revisiones, reflexiones y, finalmente, la admisión de lo más correcto.

Con esta fase se culmina el proceso de conceptualización iniciado desde las primeras interacciones.

6. Fase de aplicación y extensión

Los conocimientos recién adquiridos, normalmente están rígidamente ligados al contexto en el que se aprendió, por lo que es necesario hacerlos más operativos y flexibles, para lo cual habrá que aplicarlos en nuevas situaciones y con nuevos objetos, en resolver un problema novedoso, en extrapolar o interpolar los resultados variando factores que han intervenido en las actividades propuestas, etc., así por ejemplo:

- Si ha aprendido la definición de algunas propiedades de los materiales, sería deseable que hiciera una nueva seriación con 3 ó 4 nuevos materiales.
- Una vez conocidos los nutrientes que componen los alimentos, se le plantea un pequeño problema para decidir si está en presencia de un menú equilibrado.
- Si ha comprendido la función de los grupos musculares más relevantes, se le pide precisar el tipo de ejercicio que tendría que hacer para ir ejercitando cada uno de ellos.
- Comprendida la función de las máquinas simples, se le pide diseñar una para conseguir un determinado objetivo.

7. Fase de comprobación y evaluación

La misma fase anterior podría servir de evaluación, pero es posible diseñar otras actividades dirigidas a comprobar el grado de adquisición del contenido. No serían actividades para enseñar sino para evaluar. Esta fase es de gran utilidad para conocer el grado de adquisición de los nuevos conocimientos.

Este orden inductivo del MDD, es adecuado para alumnos de Primaria, pero es posible modificarlo, si se aprecia que el alumno posee concepciones bastante desarrolladas sobre el contenido y es capaz de utilizar estrategias formales (control de variables, verificación de hipótesis, inferencias deductivas o causales). Entonces, se podría probar una secuencia hipotético-deductiva partiendo de un problema al cual se debe dar solución o de una o varias hipótesis las cuales habrá que contrastar. En tal caso, se sugiere usar la secuencia denominada MEPI (Gil, 1993) pero habría que respetar las sugerencias didácticas desde el "*alumno como aprendiz*".

PARTE 3

Actividades. Los contenidos procedimentales



ACTIVIDAD INICIAL

ENCAJANDO LAS PIEZAS DEL PROGRAMA

La pretensión de este trabajo es ayudar a comprender la dinámica general que se va a seguir en esta parte.

Para llevar a buen término este trabajo inicial será necesario en primer lugar realizar una lectura del programa y a continuación se recortan los textos enmarcados de la hoja 2 para pegarlos en la hoja 1 de tal modo que el organigrama resultante sea coherente con el programa.

3.1.1 EL PROGRAMA DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES PARA LA FORMACIÓN DE MAESTROS

3.1.1.1 *Objetivo general*

El principal objetivo del programa de DCE es *promover en el alumno/a la adquisición de un conjunto de orientaciones didácticas bien fundamentas, a fin de que pueda resolver los retos que le plantea su futura actuación docente en el dominio del conocimiento del Medio Natural.*

Este mismo objetivo expresado de un modo más operativo permite establecer el siguiente objetivo práctico:

Adquirir, por un lado, la información necesaria sobre los distintos contenidos fijados para el área "Conocimiento del Medio Natural" (cuerpo humano, medio físico, seres vivos,

materiales y sus propiedades, máquinas y aparatos) y, por otro, un conjunto de criterios didácticos que, además de ayudar a superar las concepciones docentes espontáneas, utilizados como herramientas didácticas, posibilitarán el desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes en la construcción de fichas de actividades, las cuales se diseñarán de tal modo que de ser aplicadas al alumno de Enseñanza Primaria, éste adquirirá una serie de conocimientos y destrezas que pueden ser transferidos a su entorno cotidiano para una mejor adaptación y, a la vez, constituirá un bagaje de conocimientos que permita superar niveles académicos superiores.

3.1.1.2 Contenidos

PARTE 1. La Didáctica de las Ciencias Experimentales en el currículo del Maestro

1.1. La enseñanza de las ciencias en primaria

- 1.1.1. ¿Para qué enseñar ciencias en primaria?
- 1.1.2. Nociones básicas para entender mejor los problemas de la enseñanza de ciencias
- 1.1.3. De una enseñanza de ciencias intuitiva a una fundamentada

1.2. La formación del maestro como docente de ciencias

- 1.2.1. El modelo tradicional para la enseñanza de las ciencias
- 1.2.2. Creencias del futuro docente de ciencias
- 1.2.3. Opciones para la formación del futuro docente de ciencias

PARTE 2. Modelos para la enseñanza de las Ciencias

2.1. Modelos fundamentados en la construcción del conocimiento de ciencias

- 2.1.1. La construcción del conocimiento de ciencias
- 2.1.2. Visiones más y menos adecuadas del conocimiento de ciencias
- 2.1.3. Modelos de enseñanza basados en la analogía del "alumno como científico"

2.2. Acercando el conocimiento del aprendiz y el conocimiento de ciencias

- 2.2.1. Diferencias entre el conocimiento de ciencias y el del alumno
- 2.2.2. Limitaciones de los modelos de enseñanza basados en la analogía del "alumno como científico"
- 2.2.3. Modos de acercar el conocimiento de ciencias al del alumno

2.3. Modelos fundamentados en la construcción del conocimiento del alumno

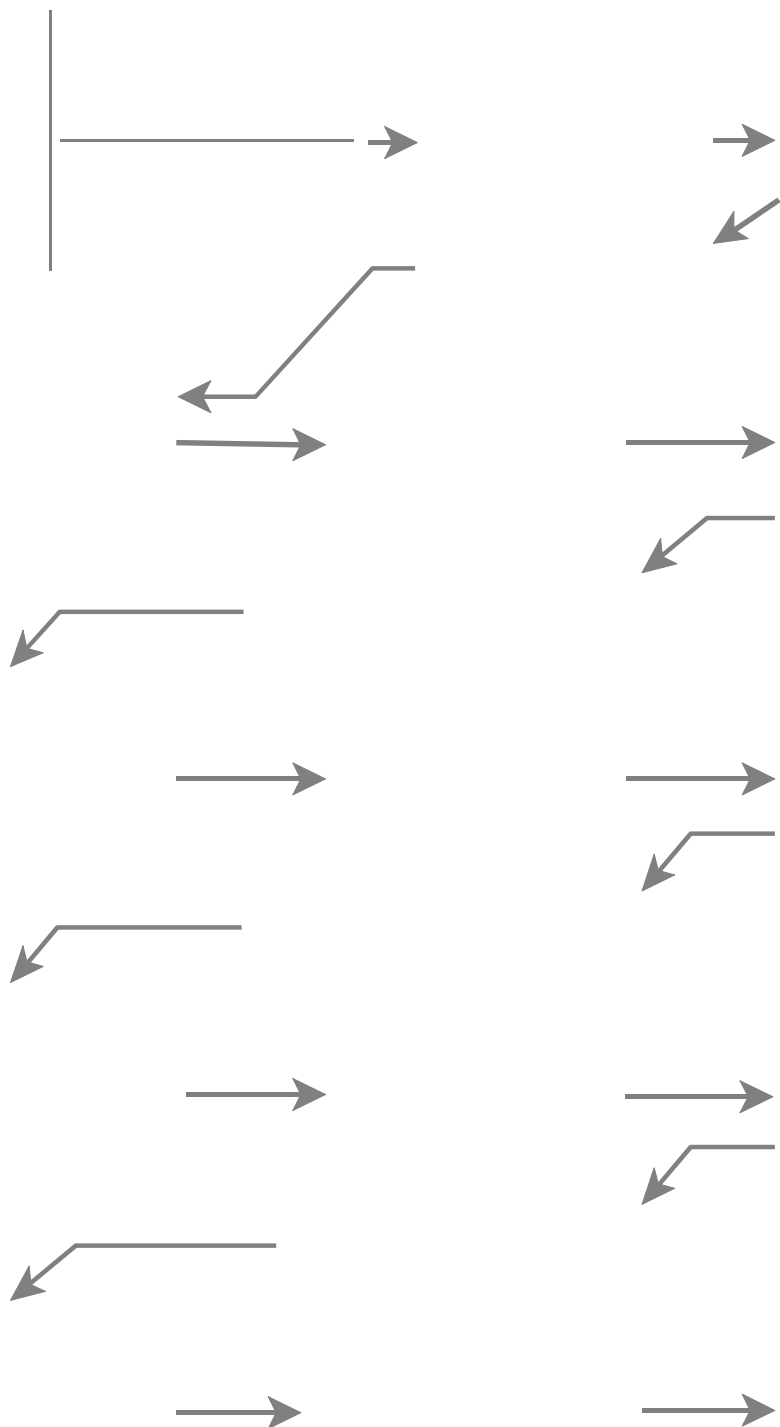
- 2.3.1. Visiones más y menos adecuadas del aprendiz de ciencias
- 2.3.2. La construcción del conocimiento del aprendiz de ciencias
- 2.3.3. Sugerencias didácticas desde el "alumno como aprendiz"
- 2.3.4. Modelo por descubrimiento dirigido basado en el "alumno como aprendiz"

PARTE 3. Las actividades. Los contenidos procedimentales (ver apartado siguiente)

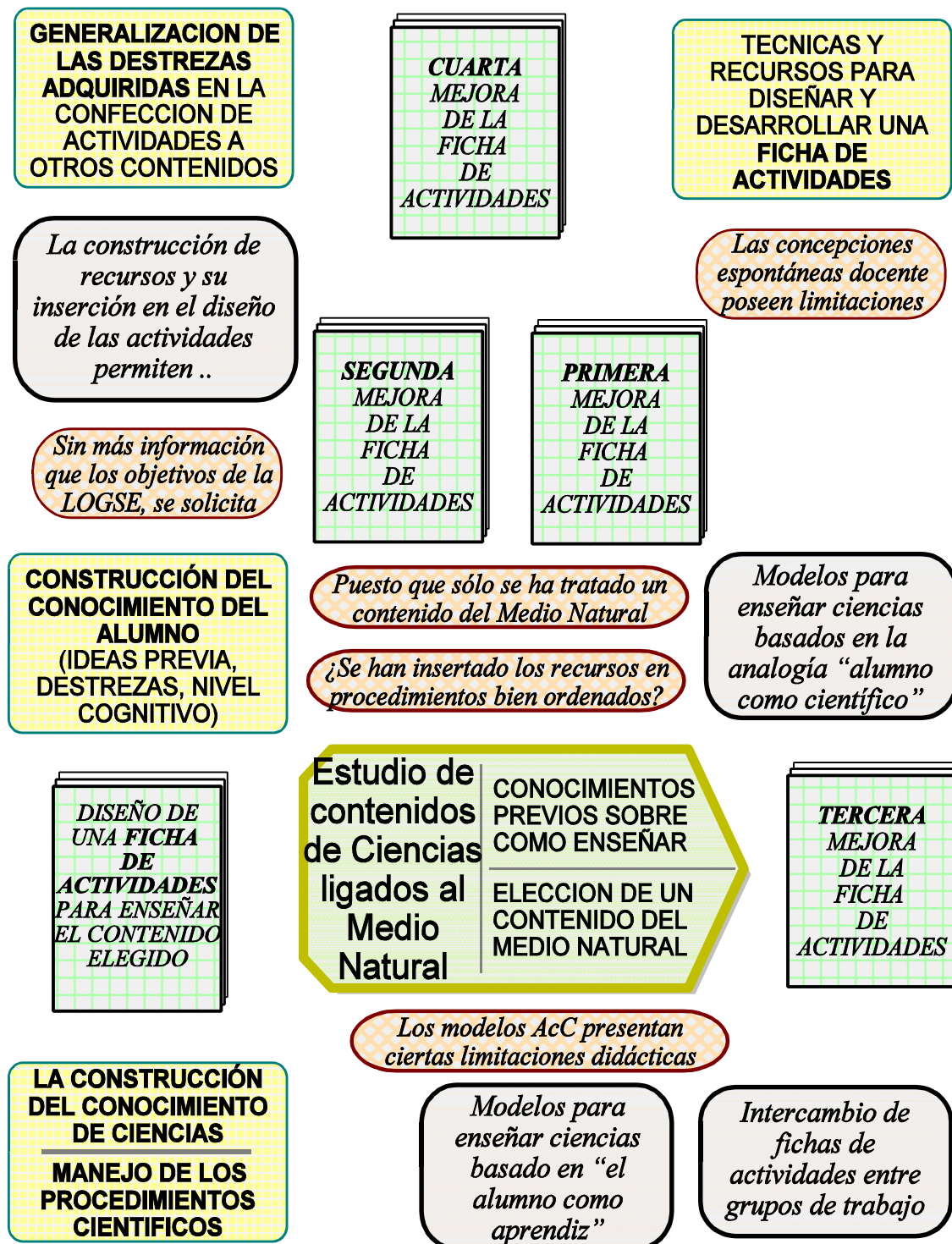
3.1.1.3 Actividades

- Sin más información , el alumno realizará un guión de clase, una ficha de actividades o una unidad didáctica sobre cómo enseñaría al alumno de Primaria un contenido de ciencias. La posterior autoevaluación le ayudará a entender mejor sus limitaciones didácticas
- La primera mejora de la unidad didáctica se hará conociendo una serie de técnicas para desarrollar actividades de un modo ordenado y de los ajustes de éstas a las peculiaridades del material didáctico construido.
- La segunda mejora de la unidad didáctica se llevará a cabo una vez que se haya aprendido a manejar los diferentes procedimientos científicos y considerando una serie de orientaciones didácticas contenidas en los modelos de enseñanza *AcC*.
- La tercer mejora se fundamentará en algunos conocimientos sobre cómo el alumno organiza y construye su conocimiento. En concreto habrá dos tipos de actuación: a) ajuste de las actividades a las capacidades y limitaciones del alumnado sobre algunos de los procedimientos que se hayan podido usar en la ficha anterior y b) se analizará el orden de las actividades y su intencionalidad considerando las orientaciones didácticas fundamentadas en el *alumno como aprendiz*.
- El último trabajo pretende generalizar las destrezas adquiridas para desarrollar didácticamente un contenido. Para lo cual se realizarán intercambios de fichas entre grupos a fin de proponer mejoras en el tratamiento didáctico de otros contenidos.

Hoja 1



Hoja 2



3.2

PRIMERA ACTIVIDAD

CREENCIAS SOBRE ENSEÑAR Y APRENDER

Se pretende con este primer trabajo que el futuro docente de ciencias tome conciencia de las limitaciones de sus ideas espontáneas sobre cómo enseñar contenidos de ciencias, lo cual se realizará en tres pasos:

1. Rellenar un cuestionario sobre conocimiento espontáneo docente a fin de evaluar la parte declarativa del conocimiento del futuro profesor de ciencias sobre qué y cómo enseñar y sus posibles efectos en el aprendizaje del alumnado.
2. Poner en juego la parte procedimental de su conocimiento espontáneo docente desarrollando una unidad didáctica cuya finalidad es enseñar un contenido de ciencias, para lo cual se hará lo siguiente:
 - a) Elegir un contenido de ciencias, así como el nivel de enseñanza sobre el que supuestamente se intenta simular su enseñanza. El contenido no debe ser muy extenso y debe ofrecer posibilidades para hacer un buen desarrollo didáctico.
 - b) Siguiendo las indicaciones del §1.1.1, formular dos objetivos de enseñanza, uno más tradicional siguiendo criterios disciplinares y otro más actual. Para este último ver más adelante la hoja de "*ejemplos de objetivos para la enseñanza de ciencias para primaria*". Obsérvese que todos ellos se componen de dos partes bien diferenciadas: en una se hace referencia al contenido y en otra se explicita qué aplicaciones se le puede dar al conocimiento adquirido en el ámbito cotidiano.
 - c) Fotocopiando previamente las páginas de 3 ó 4 libros de texto que hagan referencia al contenido elegido, se sintetizará dicha información en un organigrama, esquema, mapa conceptual, etc. a fin de tomar un conocimiento básico sobre el contenido que se va a enseñar. Ver más adelante la página de "*ejemplos de esquemas y organigramas*".
 - d) Finalmente, usando nuevamente el dossier de fotocopias, se sintetizará en una lista los materiales y recursos que suelen usarse en la enseñanza del contenido elegido.

Una vez que se ha establecido el objetivo de enseñanza que se pretende conseguir y se ha confeccionado un organigrama sobre el contenido a enseñar, se rellenará

la hoja que precede a las actividades (se encuentra más adelante). Éstas se diseñarán sin que por el momento se aporte información alguna desde la DCE. Se pretende que el alumnado de DCE ponga en juego su conocimiento espontáneo docente en toda su extensión. La cuestión clave que habrá que plantarse es ¿qué actividades deberá hacer el alumno de primaria para conseguir el objetivo formulado?

3. La unidad didáctica ya finalizada es autoevaluada por el alumno siguiendo las indicaciones de la hoja titulada "*cuestiones para analizar y evaluar las actividades*". Con esto se pretende que el alumno tome conciencia de los logros y limitaciones que posee su unidad didáctica.

EJEMPLOS DE OBJETIVOS PARA LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS PARA PRIMARIA

Relacionados con mecanismos vitales

Seres vivos e inertes. Diferenciar bien los seres vivos de los inertes, conociendo las posibilidades de ambos a fin de actuar en la vida cotidiana de un modo adecuado al estado del ser.

Huesos. El alumno debe tomar conciencia de sus posibilidades y limitaciones en sus actividades físicas sobre el medio (correr, saltar, ir en bici, hacer judo, etc) en base al conocimiento de su constitución ósea y sabrá tomar las medidas oportunas si se fractura un hueso.

Músculos. El conocimiento sobre los músculos llevará al alumno a saber qué ejercicio (acciones, movimientos) debe hacer para calentar o fortalecer un determinado músculo o un grupo muscular, qué grupos musculares debe reposar ante una lesión, cuáles serían las consecuencias de un excesivo esfuerzo o qué acciones se producen en el cuerpo debido a la activación de los músculos involuntarios.

Alimentación. Conocer las aportaciones beneficiosas de los distintos tipos de alimentos en el organismo y los perjuicios de los abusos o ausencias de algunos de ellos, a fin de que puedan ser utilizados como criterio para evaluar si su dieta es equilibrada y evitar hábitos como por ejemplo: a) tomar en exceso "chucherías" (pasteles de chocolate, patatas fritas, gusanitos, etc) y usarlos como sustitutos de alimentos con mejores nutrientes. b) abusar de alimentos menos equilibrados (morcilla, sobrasada, cremas de cacao, etc. y c) picar entre comidas, etc.

Higiene de la boca. Conocer la constitución y funcionamiento de la boca de forma que se aprecie la importancia del uso del cepillo de dientes después de cada comida como una forma eficaz de eliminar bacterias y evitar enfermedades bucales, así como prevenirlas disminuyendo la ingestión excesiva de caramelos, chucherías, chocolate, etc.

Circulación de la sangre. Saber cómo circula la sangre por el cuerpo humano a fin de comprender por ejemplo: a) algunos efectos al hacer deporte, creando hábitos para evitar esfuerzos perjudiciales, b) los síntomas de una mala circulación: varices, dolor de cabeza, marcapasos, etc., c) lo que se debe hacer ante una herida.

Relacionados con la tierra, el suelo, el clima, medio ambiente, etc

Orientación. Conseguir que el alumno se oriente tomando como referencia los puntos cardinales en cualquier sitio que se encuentre, tomando como referencia la hora y la dirección de las sombras, evitando de este modo la sensación de estar perdido.

Ciclo del agua. El conocimiento del ciclo del agua llevará al alumno a comprender que la cantidad de ésta en la naturaleza se mantiene constante a pesar de la diversidad de estados, formas, ubicaciones por la que ésta pasa y, por tanto, admitir que si una zona geográfica es contaminada se puede producir una paulatina degradación de la calidad del agua incluso en zonas alejadas del foco contaminante.

Características físicas del agua. Conocer las características básicas del agua a fin de que el alumno pueda detectar pequeñas alteraciones contaminantes en ésta que podrían ser perjudiciales para su salud.

Características físicas del aire. Conocer las características físicas del aire para poder explicar con conocimiento de causa los efectos cotidianos de la presión atmosférica, salvando las dificultades de su imposibilidad de percepción directa y de lo cotidiano de su presencia.

El clima y las estaciones del año. El conocimiento de los movimientos de la Tierra llevará al alumnado a comprender la diversidad climática entre las distintas zonas terrestres y el cambio de estaciones, caracterizándolas de modo que pueda reconocerlas en los cambios de su entorno cotidiano.

Ciclo lunar. Adquirir un conocimiento del ciclo lunar tal que observando la posición y forma de la luna en un día y hora determinado, el alumno pueda prever la posición y forma de la luna al día siguiente, a la semana o al mes, de forma que pueda elegir, por ejemplo, un día de acampada donde habrá luna llena por la noche.

Composición del suelo. Conocer la composición elemental de los distintos tipos de suelo a fin de prever las posibilidades de cada tipo para el crecimiento de las plantas.

Contaminación. Identificar acciones, situaciones y focos contaminantes y valorar el impacto negativo en el ámbito cotidiano y, en general, en el medio ambiente; consecuentemente adquirir hábitos y actitudes responsables como: a) dedicar tiempo para la limpieza y conservación del centro escolar, recogiendo papeles, haciendo carteles, etc., b) tirar los desechos a la papelera, c) evitar en la medida de lo posible materiales desechables (bolsas de plástico, manteles, vasos y platos de usar y tirar, etc), c) sustituir los aerosoles por otros productos más ecológicos, d) entregar las pilas en tiendas especializadas, etc.

Relacionados con la materia

Materiales. Adquirir un conocimiento de la propiedades de los materiales cotidianos junto a las posibilidades de éstos para hacer construcciones (los progresos de unos se reflejan en los otros y viceversa), con el fin de que el alumno pueda realizar construcciones de algunos juguetes sencillo con material de bajo coste o de desecho o de material didáctico sencillo.

Circuitos. Adquirir algunas nociones sencillas de electricidad (conductores y no conductores, diferencia de potencial, intensidad y resistencia) que le sirva para hacer arreglos caseros sencillos (arreglas un enchufe, instalar una bombilla o un interruptor, etc) evitando cortacircuitos y además sepa actuar adecuadamente para evitar accidentes eléctricos caseros.

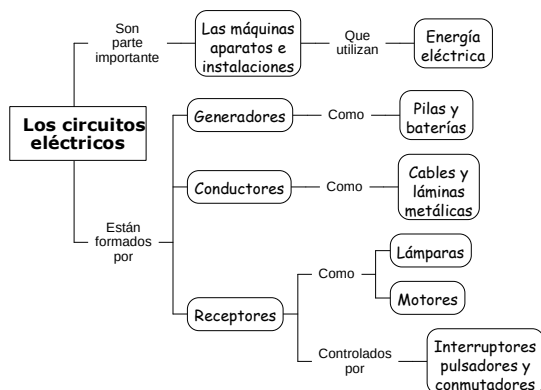
Calor. Adquirir conocimientos básicos sobre equilibrio térmico, buenos y malos conductores del calor con el fin de reconocer situaciones térmicas peligrosas actuando adecuadamente (p.e. coger objetos malos conductores para coger otros buenos conductores que están calientes)

Operadores. Identificar la acción de una fuerza y conocer cómo puede ser modificada por los operadores mecánicos más sencillos y cotidianos para sacarles un mayor provecho, por ejemplo, cuando se usa: a) un destornillador para abrir una lata de pintura, b) una palanca para ir encajando las bisagras de una puerta, c) la capucha del bolígrafo para quitar chinchetas...

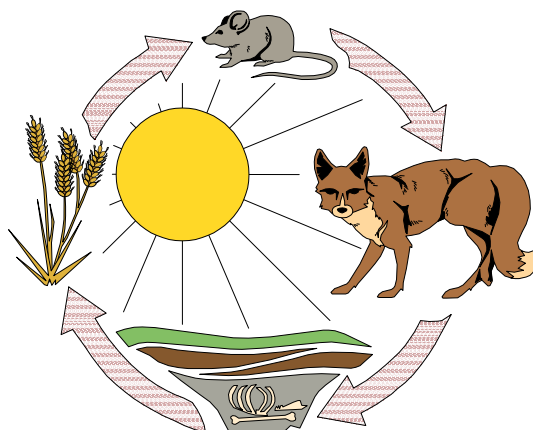
Optica: Caminos que siguen los rayos de luz cuando chocan con distintos materiales. Adquirir un conocimiento sobre el comportamiento de los rayos de luz cuando chocan con distintos materiales a fin de poder resolver problemas cotidianos como: a) tener habilidad para orientar la mesa de estudio a fin de que por el día tenga la mayor claridad posible y el brazo que escribe no le haga sombras molestas, b) si es de noche la habilidad está referida a la posición del flexo para que no haya sombras molestas y la luz esté bien distribuida, c) saber tomar medidas de salud para sus ojos, evitando fuertes contrastes de luz estudiando, viendo la televisión, observando la naturaleza, etc.

EJEMPLOS DE ESQUEMAS Y ORGANIGRAMAS

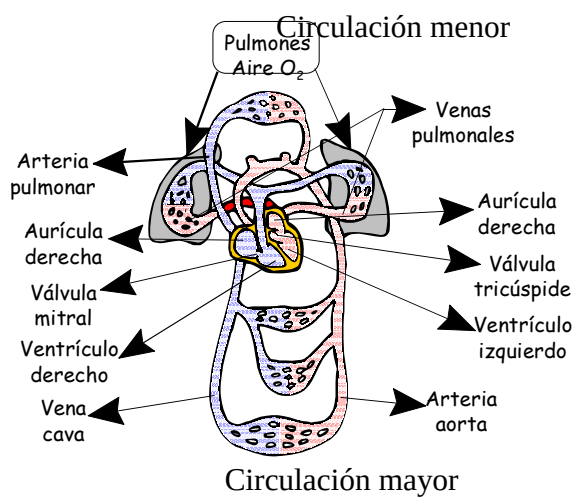
CIRCUITOS ELÉCTRICOS



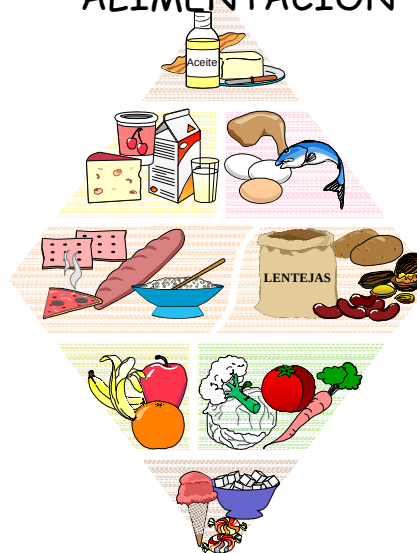
CICLO DE LA VIDA



CIRCULACIÓN DE LA SANGRE



ALIMENTACIÓN



TIPOS DE OPERADORES

Traslación-Traslación		Rotación-Traslación	
Aplicación	Intensidad	Aplicación	Intensidad
=D =S		=D =S	
=D ≠S		=D ≠S	
≠D ≠S		≠D ≠S	
Traslación-Rotación		Rotación-Rotación	
Aplicación	Intensidad	Aplicación	Intensidad
=D =S		=D =S	
=D ≠S		=D ≠S	
≠D ≠S		≠D ≠S	

EL CICLO DEL AGUA



Grupo Nº	
Contenido (Curso)	
Objetivos	Recursos y materiales
Organigrama del contenido a enseñar	

Cuestiones para analizar y evaluar las actividades

A. Sobre la representación de las actividades

A1. ¿Están relacionadas las actividades por grupos entre sí? ¿es necesario los resultados de alguna actividad para hacer la siguiente?

A2. ¿Qué porcentaje de actividades son desarrolladas por el profesor y cuánto por el alumno?

A3. Las actividades ¿son propuestas concretas o se parecen más a una declaración de intenciones?

A4. ¿Se pueden hacer las actividades con relativa facilidad o es necesario salir al patio, ir al campo o visitar una fábrica?

B. Sobre los objetivos que se persiguen

B1. Indica los porcentajes de actividades que van dirigidas a cada uno de los siguientes objetivos:

- b11. Identificar conocimientos.
- b12. Comprensión del contenido
- b13. Aplicación del contenido a nuevas situaciones.
- b14. Construcción del alumno de sus propios conocimientos.

B2. ¿Se ha planificado con anterioridad a la confección de las actividades un plan para conseguir distintos objetivos?

B3. ¿Se han realizado actividades donde se desarrollen procesos y otras habilidades como asociar, ordenar, razonar, etc?

C. Sobre metodología

C1. La ficha ¿es fácil o difícil para el alumno? ¿qué criterios utilizáis para analizar la facilidad o dificultad?

C2. Si es el caso ¿cómo se ha tenido en cuenta los conocimientos del alumno?

C3. ¿Hay garantías de que el alumno pueda entender y desarrollar las actividades?

C4. Antes de pasar la ficha ¿tenéis criterios para prever los posibles resultados académicos?, si existen ¿cuáles serían?

D. Factores positivos de las actividades.

3.3

SEGUNDA ACTIVIDAD:**USO DE TÉCNICAS Y RECURSOS****PRIMERA MEJORA DE LA UNIDAD DIDÁCTICA**

Percibido que las ideas espontáneas sobre enseñar y aprender muestran limitaciones para desarrollar una clase de ciencias, se va a realizar una primera mejora de las actividades de enseñanza. Esta será posible conociendo una serie de técnicas útiles para perfilar actividades más realistas y eficaces y recursos, los más adecuados y útiles según el contenido elegido. También será de utilidad conocer algunas técnicas para secuenciar y estructurar una unidad didáctica o ficha de actividades.

3.3.1 SUGERENCIAS TÉCNICAS PARA MEJORAR UNA UNIDAD DIDÁCTICA O FICHA DE ACTIVIDADES

Llámesse unidad didáctica, ficha de actividades, desarrollo instruccional, guión de clase, etc., en todos los casos subyace una misma finalidad estructural y funcional: dejar por escrito un plan ordenado de actividades de enseñanza para lograr eficazmente los objetivos propuestos.

Algunas sugerencias a tener en cuenta para el diseño de este tipo de unidades o fichas didácticas son:

- Al hacer las actividades no se debe presuponer que anteriormente el contenido ha sido explicado o enseñando por el profesor, pues entonces estaríamos diseñando un **ficha de comprobación o evaluación** de los conocimientos adquiridos y no es eso lo que se pretende. Las actividades de la **unidad o ficha didáctica** son las que deben desde el principio y paulatinamente ir induciendo o enseñando al alumno el contenido a enseñar.
- Por la razón anteriormente dada, las actividades deben llevar un orden preciso, de modo que estemos seguros de que los requisitos de una actividad (de conocimientos específicos o de destrezas intelectivas o manuales), han sido dados anteriormente, **bien como información elaborada por el propio alumno, bien a través de una explicación o nota informativa.**

Es importante a la hora de diseñar las actividades concretas que formen parte de esta ficha, tener en cuenta que se van a aplicar en un entorno escolar con limitaciones claras de espacio, tiempo y material. En esta dirección se dan algunas recomendaciones didácticas, algunas de las cuales se han fundamentado en los errores que con más frecuencia cometen los alumnos cuando se les pide realizar una ficha de actividades sin más conocimientos didácticos que sus ideas previas sobre cómo enseñar:

- El primer paso para diseñar un grupo de actividades no es comenzar haciendo éstas, previamente se debe dejar claro cuáles son los objetivos a conseguir. Además, sería conveniente confeccionar un organigrama o mapa conceptual donde se presenten secuenciados e interrelacionados los distintos contenidos a enseñar (conceptuales, procedimentales y actitudinales), procurando destinar actividades para cubrir los diversos aspectos de un modo homogéneo.
- Para secuenciar y estructurar coherentemente las actividades se tendrá en cuenta lo siguiente:
 - Evitar actividades aisladas que persigan el mismo objetivo que otro grupo de actividades. Las actividades que cubren un mismo objetivo deben estar agrupadas.
 - Si un contenido se compone de varias partes, es apropiado tratar el proceso de aprendizaje de cada parte por separado, para después dedicar un grupo de actividades que sinteticen las ideas fundamentales del contenido.
- Si el contenido a enseñar es difícil, debe ser abordado con un número mayor de actividades divididas en 2 ó más grupos; en cada uno de los cuales se abordará dicho contenido desde perspectivas o situaciones diferentes y después se dedicaría un nuevo grupo de actividades para asociar las ideas parciales tomadas de cada grupo.
- Por sí mismo, un experimento aislado, fuera de un contexto que le dé significado, sin una continuidad adecuada de actividades, poco o nada aporta al alumno y todo queda en la pura curiosidad. La necesidad de darle un significado se concreta con actividades que pongan de manifiesto la función y objeto del experimento, con otras donde se oriente al alumno sobre los datos a los que debe prestar atención y el modo de manipular éstos, a fin de que por él mismo llegue a descubrir o perfilar las ideas y destrezas previstas.
- Por último, las actividades son propuestas de acciones concretas (manipulativas o intelectivas) sobre objetos concretos (reales, simbólicos o representaciones mentales) que el alumno tendrá que realizar, por ello se ha de evitar actividades que

sean un mero planteamiento de buenas intenciones o simples objetivos que se desean conseguir.

3.3.2 CÓMO ESTRUCTURAR UNA UNIDAD DIDÁCTICA O FICHA DE ACTIVIDADES

El primer paso para diseñar una unidad didáctica o ficha de actividades será parcializar el contenido a enseñar, de modo que cada parte tenga su propia serie de actividades. Importante es saber que esta parcialización no es posible hacerla de un modo sistemático, así que habrá que contentarse con una que se perciba coherente y adecuada al objetivo de enseñanza establecido. Véase algunos ejemplos:

HUESOS O MÚSCULOS:	LA ELECTRICIDAD
¿QUÉ O QUIÉN TIENE HUESOS O MÚSCULOS?	¿QUÉ PUEDE HACER LA ELECTRICIDAD?
¿DÓNDE ESTÁN LOS HUESOS O MÚSCULOS?	¿CÓMO SE PUEDE HACER ELECTRICIDAD?
¿PARA QUÉ SIRVEN LOS HUESOS O MÚSCULOS?	¿CÓMO Y POR DÓNDE CIRCULA LA ELECTRICIDAD?
¿CÓMO SE COMPORTAN LOS HUESOS O MÚSCULOS?	¿A QUÉ SE PARECE LA ELECTRICIDAD?
ORIENTACIÓN	ALIMENTACIÓN
SOLUCIONANDO PROBLEMAS CON TRAZOS IMAGINARIOS	CLASIFICANDO LOS ALIMENTOS COTIDIANOS
REPRESENTANDO OBJETOS QUE GIRAN	ALIMENTOS ADECUADOS PARA CADA ACTIVIDAD
¿QUÉ VERÍAS SI ESTUVIERAS ALLÍ?	NUTRIENTES Y GRUPOS DE ALIMENTOS
REPRESENTACIÓN PLANA DE DISTRIBUCIONES	GRUPOS DE ALIMENTOS QUE SON DIETA EQUILIBRADA
REPRESENTACIÓN AL CAMBIAR EL PUNTO DE VISTA	

Aunque no existen reglas fijas, se percibe que en la práctica los criterios que han sido más usados para parcializar el contenido son:

- La mayoría de contenidos admiten ser parcializados, tras asociarles la sistemática de objetos y situaciones, según una **diversidad de manifestaciones fenomenológicas**, de modo que se ponga en juego de un modo operativo y extensivo los atributos asociados al concepto o conceptos o los distintos aspectos estructurales y funcionales de la entidad (ver músculos y huesos) o los diferentes comportamientos de la entidad (ver "*la electricidad*").
- Existen algunos contenidos que admiten bien una **división lógica de las partes que lo componen**. Por ejemplo: *los sentidos*, permite hacer cinco divisiones para cada sentido y quizá una más para un estudio globalizado.
- Cuando el contenido es más procedimental, por ejemplo, *proporciones*, se presta tomar como criterio el número de datos iniciales y las distintas **operaciones** que suponen proporción. También se puede considerar como factor interesante, los distintos ámbitos físicos donde se pueden resolver problemas de proporcionalidad.

- Un contenido como "*composición de fuerzas*" se puede parcializar según un **orden de complejidad**: fuerzas alineadas, primero de la misma dirección y después opuestas; fuerzas no alineadas, primero se pone en juego la dirección y después el sentido; finalmente se ponen en juego ambos factores.
- Si el contenido se refiere a una capacidad cognoscitiva, como es el caso de *orientación* entonces el criterio es parcializar según los tipos de problemas en los que se manifiesta dicha capacidad (ver ejemplo correspondiente).

3.3.2.1 La estructuración del cuestionario en tareas

Una vez que se ha dividido el contenido en partes, cada una de éstas será desarrollada mediante una serie de actividades. La estructura usual de una tarea es la siguiente: parte de una situación problemática donde se pone en juego la parte del contenido asociada a la tarea, de modo que las actividades que se plantean al alumno versan sobre dicha situación.

Un orden usual de las actividades que componen una tarea lo determina el grado de complejidad: las primeras versan sobre los aspectos más sencillos que se pueden plantear de la situación problemática haciendo paulatinamente más complejas las últimas. También es usual conseguir el gradiente de complejidad a través de la lista de objetos y situaciones que se ponen en juego en la tarea.

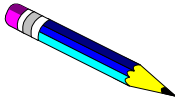
El aspecto final de una ficha de actividades sería el siguiente:

FICHA	LOS ALIMENTOS			
Nombre	<input type="text"/>		Sexo	M ó F
Colegio	<input type="text"/>	Edad	<input type="text"/> , <input type="text"/>	Nivel
Duración	<input type="text"/> horas y <input type="text"/> minutos			

TAREA Nº 1	CLASIFICANDO LOS ALIMENTOS COTIDIANOS
-------------------	--

1a. Piensa y reflexiona: ¿Para qué nos alimentamos diariamente?

2.- Completa la siguiente tabla con los alimentos que tomes a los largo de esta semana.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
DESAYUNO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

ALMUERZO					
MERIENDA					
CENA					

- 1.b. Ordena los alimentos según la cantidad en que los tomes
- 1.c. ¿Sabes para qué sirven cada uno de los alimentos que has escrito en la tabla?. Pon aquellos de los que creas conocer su función.



HAY ALIMENTOS QUE SIRVEN PARA CRECER, OTROS NOS PROPORCIONAN ENERGÍA PARA EL ESFUERZO, OTROS AYUDAN A QUE NUESTRO CUERPO FUNCIONE CORRECTAMENTE Y OTROS REPONEN LÍQUIDOS Y SALES.

TAREA Nº 2

ALIMENTOS ADECUADOS PARA CADA ACTIVIDAD

2a.

2b.

2c.

.....

TAREA Nº 3

NUTRIENTES Y GRUPOS DE ALIMENTOS

3a.

3b.

.....

TAREA Nº 4

GRUPOS DE ALIMENTOS QUE SON DIETA EQUILIBRADA

4a.

.....

Aunque el ejemplo de ficha está intencionadamente incompleto, obsérvese algunas de las técnicas empleadas para su diseño:

- Las actividades se agrupan por tareas y cada una de ellas contiene una secuencia de actividades.
- Para facilitar el rellenado al alumnado se usa la técnica de la tabla y se dejan espacios para que trabaje. Las ilustraciones hacen más atractivas las actividades.
- De vez en cuando se insertan "cuñas informativas" justo en los sitios donde es necesario para realizar las siguientes actividades.

Se podría expresar la estructura de una ficha de actividades en una tabla como ésta:

ESTRUCTURA DE LA FICHA DE ACTIVIDADES (EJEMPLO)																									
TAREA	Tarea 1						Tarea 2							Tarea .3					Tarea 4						
ACTIVIDAD	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f	g	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	f	g

Siguiendo el ejemplo, representa la estructura de la ficha de las actividades en la siguiente tabla. Después será de utilidad para hacer futuras transformaciones de las actividades.

ESTRUCTURA DE LA FICHA DE ACTIVIDADES (CONTENIDO)																								
TAREA																								
ACTIVIDAD																								

3.3.3 LA UTILIZACIÓN DE RECURSOS EN EL ÁMBITO ESCOLAR

El medio se conoce en la medida en que se interacciona con él, por lo que, siempre que sea posible, se intentará que el contacto con la realidad, la observación directa, la manipulación de objetos y materiales presentes en el medio ocupen un lugar importante entre los recursos utilizados.

Ahora bien, este deseo de que el alumno de Educación Primaria interaccione lo más posible con el medio cotidiano debe adaptarse a las circunstancias reales de la escuela, con materiales, tiempos y espacios limitados. Así por ejemplo, contenidos tales como "*componentes del suelo*", "*salud*", "*el ciclo del agua*", etc. aunque lo ideal sería hacer excursiones para apreciar distintos tipos de suelo, visitar hospitales para apreciar los efectos de los hábitos pocos saludables o viajar a los distintos lugares donde se producen fenómenos asociados con el ciclo del agua, esto requiere un presupuesto económico y un tiempo que la escuela no dispone. Igualmente eficaz pero más real sería llevar a clase muestras de suelos cogidas por los alumnos complementándolas con dibujos de los distintos tipos de suelos, hacer alusiones y debates sobre experiencias vividas sobre la salud o construir algunos modelos -p.e. evaporación de agua bajo plástico- relacionándolos adecuadamente con el fenómeno que representan y complementándolos con dibujos esquemáticos del ciclo del agua.

Habr  que buscar recursos cuyo desarrollo no requiera mucha envergadura y, a la vez, posibiliten la m xima interacci n del alumno con objetos y situaciones asociados al contenido a ense ar, por ello se utilizar n algunos principios que acoten racionalmente la posible utilizaci n indiscriminada de recursos siempre escasos en el entorno escolar:

- **Principio de econom a:** Entre las distintas posibilidades para la utilizaci n de material, habr  que escoger aquellas que sean m s econ micas, m s f ciles de conseguir y que permitan mantener la misma eficacia en la consecuci n de los objetivos que aquel otro material de mayor coste. Por ejemplo: material escolar (libros, l piz, borrador, goma el stica, clips, etc), de desecho (latas, botes, hueveras, corcho blanco, cajetas, etc), de bajo coste, de manualidades, etc.
- **Principio de rentabilidad did ctica:** Evitar el dise o de actividades cuya ejecuci n sea muy aparatosa (excursiones, salidas de los alumnos del aula, murales), cuando se trata de inducir al alumno ideas o destrezas que con otro tipo de dise o m s sencillo se podr a haber hecho. Es la mayor o menor complejidad de los objetivos planteados lo que debe determinar y justificar la envergadura de los recursos materiales y humanos utilizados en las actividades.
- **Principio de factibilidad:** Es frecuente dise ar actividades olvidando que deben llevarse a la pr ctica escolar, quiz  por la relativa sencillez con que se puede imaginar cualquier tipo de actividad. Es importante tener presente en todo momento que todas las actividades se desarrollan en un contexto escolar que est  limitado temporalmente (normalmente las clases duran una hora) y espacialmente (las actividades se hacen sobre un pupitre donde el espacio y la movilidad del alumno tambi n est n seriamente acotados). Adem s los recursos materiales y econ micos de los que se pueden disponer en la ense anza p blica son relativamente pobres.

Los **recursos** se pueden clasificar seg n el tipo de interacci n que permiten llevar a cabo al alumno:

1. Utilizaci n de situaciones, materiales, objetos y seres vivos reales que posibiliten al alumno un contacto directo.
2. Utilizaci n de situaciones, materiales, objetos y seres vivos que modelicen o simbolicen los reales.
3. Alusiones a las interacciones que el alumno ha llevado a cabo con situaciones, materiales, objetos y seres vivos reales.
4. Utilizaci n de representaciones gr ficas -fotograf as, dibujos, gr ficos esquem ticos- de situaciones, procedimientos, materiales, objetos o seres vivos.
5. Interacci n del alumno con los significantes y significados verbales de situaciones, procedimientos, materiales, objetos o seres vivos.

En la tabla "*recursos m s adecuados seg n el contenido de ciencias*" se sugieren, seg n la experiencia docente en el desarrollo de fichas de actividades, los tipos de **recursos**

que son más adecuados para cada contenido a enseñar y a la vez se cumple con los criterios de economía, rentabilidad y factibilidad.

3.3.4 PRIMERA MEJORA DE LA FICHA DE ACTIVIDADES

Se va a realizar ahora una primera mejora de las actividades diseñadas con las intuiciones didácticas que da las "*concepciones docentes espontáneas*". Para esto se aplicarán los conocimientos adquiridos sobre técnicas y recursos, concretamente:

- Las sugerencias didácticas dadas anteriormente sobre estructuración, secuenciación y optimización de las actividades.
- La experiencia adquirida en la construcción del material didáctico. Una vez que disponemos de un material real será conveniente ajustar las actividades a éste, así como dar las instrucciones oportunas al alumnado de primaria si es que él debiera construir algún material.
- Las limitaciones que se hayan podido percibir en las actividades al realizar el primer trabajo.

Existe infinidad de posibilidades para hacer modificaciones en las actividades, pero las más usuales son:

- **Ampliar** el número de actividades. Esto resulta adecuado cuando se percibe que con las actividades actuales no son suficiente para conseguir un determinado objetivo, si se necesita realizar un enlace más continuo entre dos grupos de actividades o si es preciso insistir más sobre un contenido de enseñanza que sabemos es más difícil. También resulta necesario ampliar si disponemos de información que nos permite tomar conciencia de que con las actividades actuales el alumno va a tomar sólo una idea fragmentada o va dejar de percibir posibilidades importantes.
- **Modificar** una o varias actividades. Será útil este tipo de cambios para ajustar las actividades al material disponible, para precisar más las instrucciones de modo que quede claro en qué consiste la actividad, para hacer las actividades más participativas, etc. También se usará este tipo de cambio si se aprecia que el alumnado posee ideas erróneas sobre algún aspecto del contenido de enseñanza. Las actividades deberían estar dirigidas a cambiar o modificar dichas ideas por otras científicamente más correctas.
- **Sustituir** una actividad o grupo de ella por otra u otras. Si tras adquirir cierta información sobre algo que no se conocía se toma conciencia de que las actividades realizadas no son las más adecuadas, igual no merece la pena realizar pequeñas modificaciones y sí resulta más conveniente hacer nuevas actividades usando como directriz la nueva información.

- **Reordenar** las actividades de modo que el nuevo orden muestre una secuencia más acorde con la lógica del contenido o con los procedimientos propios de la actividad científica, presente un gradiente de dificultad más adecuado para el aprendiz, permita al alumno adquirir cierta información que le va a hacer falta para hacer actividades posteriores, etc.
- **Otros** cambios menos usados son:
 - **precisar** si se sabe que el alumno usa un concepto de un modo difuso o tiene vagamente diferenciados dos grupos de objetos o situaciones que son claramente disyuntos,
 - **diferenciar** puede resultar útil cuando sabemos que el alumno no distingue, o no lo hace bien, las partes que integran un todo (objeto, situación, sistema, etc.), si bien sólo la diferenciación de éstas permitirían comprender el comportamiento del todo,
 - **eliminar** actividades que después de los cambios se muestran innecesarias, irrelevantes o repetitivas o,
 - **informar** cuando se sabe que el alumnado necesita cierto dato previo para realizar determinada actividad o desconoce ciertos criterios de clasificación o definiciones de uso frecuente en ciencias.

Algo fácil de observar es que la capacidad para cambiar y mejorar una determinada ficha de actividades depende tanto del conocimiento del diseñador sobre el contenido de enseñanza como de la información que disponga de las dificultades que presenta el alumnado para adquirir los contenidos.

En la práctica, la mejora de un grupo de actividades requiere usualmente combinar varios tipos de cambios como, por ejemplo, extender, modificar y precisar. A pesar de estas dificultades, para intentar planificar la mejora y tomar conciencia de cómo se va a realizar ésta, se rellenará la siguiente tabla:

PLAN PARA LA PRIMERA MEJORA DE LAS ACTIVIDADES (CONTENIDO)																									
TAREAS																									
CAMBIOS																									
Ampliar																									
Modificar																									
Sustituir																									
Reordenar																									
Otros																									

En la parte superior se dispone la estructura de la ficha de actividades, y tras analizar los cambios que se van a realizar, se resaltarán las celdilla que corresponden a las actividades que se van a cambiar y al tipo de cambio que van a sufrir.

De todos los cambios a realizar, al menos dos deberán razonarse en las hojas correspondientes: a) "*Hoja para razonar cambios por ajustes al material disponible*" y b) "*Hoja para razonar cambios al aplicar nuevas técnicas*".

HOJA PARA RAZONAR CAMBIOS POR AJUSTES AL MATERIAL DISPONIBLE

CAMBIAR ACTIVIDADES

TIPOS DE CAMBIOS

RAZONES

El texto debe contener al menos dos partes:

- *La razón para hacer cambios por ajustes al material disponible y,*
- *Una alusión a las actividades que se ven afectadas por el cambio.*

NUEVAS ACT.

Si hay suficiente espacio se exponen las nuevas actividades que han resultado del cambio, en caso contrario, se indicará cómo se van a desarrollar.

HOJA PARA RAZONAR CAMBIOS AL APLICAR NUEVAS TÉCNICAS

CAMBIAR ACTIVIDADES

TIPOS DE CAMBIOS

RAZONES

El texto debe contener al menos dos partes:

- *La razón para hacer cambios al aplicar nuevas técnicas y,*
- *Una alusión a las actividades que se ven afectadas por el cambio.*

NUEVAS ACT.

Si hay suficiente espacio se exponen las nuevas actividades que han resultado del cambio, en caso contrario, se indicará cómo se van a desarrollar.

RECURSOS MÁS ADECUADOS SEGÚN EL CONTENIDO DE CIENCIAS

CONTENIDOS	TIPO DE RECURSO			
	1º	2º	3º	4º
Nutrición			+++	++
Funciones de relación (sentidos y mov.)	+++			
Crecimiento y transformación del cuerpo			+++	++
Músculos y huesos	++	++	+	++
Aparato digestivo		++	++	++
Aparato respiratorio	++	++	++	++
Aparato circulatorio y excretor		++	++	++
Características de los seres vivos			+++	++
Animales y plantas como seres vivos			++	+++
Ecosistema			+	+++
Plantas: árboles, arbustos y hierbas			+(++)	+++
Animales: vertebrados e invertebrados.			+(++)	+++
Características físicas del aire	+++			
Tiempo atmosférico. Instrumentos	++		++	++
Climas del territorio Español				+++
Contaminación	++	++	+++	
Propiedades de las rocas	+		++	+++
Relieve y paisaje		++	+	+++
Tierra				+++
Componentes del suelo	++	++		++
Características físicas del agua	+++			
El ciclo del agua		++		+++
El sol y su trayectoria, sombras y nubes	+++(+)			+(++)
Ciclo lunar	+++	++		+++
Sucesión del día y la noche				
Las estaciones	+++(+)		+(++)	+(++)
La orientación y los puntos cardinales		++	++	++
Materiales y sustancias de uso frecuente	+++(+)		++	+(++)
Sólidos, líquidos y gases	++(+)		++	+(++)
Características de los materiales sólido	+++(+)		++	+(++)
Usos de materiales. Herramientas	+++			
Reciclaje de materiales	++		++	++
Cambios de estado	+++(+)		+	+(++)
Otros efectos del calor	+++(+)			+(++)
Reacciones químicas: combustiones	++	++	+	+
Mezclas y disoluciones	++			++
Comportamiento de objetos ante la luz	+++			
El sonido	++	++	++	++
Máquinas, operadores y fuerza	+++		+	+
Efectos de las fuerzas sobre los cuerpos	+++		+	+
Formas de energía. Transformaciones		+++	+	
Electricidad y Magnetismo	+++	++		++

+++	Es el recurso más adecuado y, en muchos caso, es suficiente
++	El recurso es eficaz pero necesita de otros para cubrir otras aspectos
+	El recurso es claramente insuficiente y precisa de otros

+++(+)

No es posible el uso amplio del recurso. Se deberá compensar con otro

3.4

TERCERA ACTIVIDAD

ADQUIRIENDO HABILIDADES PARA UNA ENSEÑANZA MÁS PROCEDIMENTAL

SEGUNDA MEJORA DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

Una de las limitaciones de la enseñanza tradicional es que gira exclusivamente alrededor de la parte declarativa del contenido objeto de enseñanza. Un modo eficaz y coherente de superar estas limitaciones es conocer y adquirir habilidades de los diferentes procedimientos que son usuales en la actividad de los científicos cuando hacen ciencia. Esta nueva actividad se compone de dos trabajos interrelacionados:

- Conocer y manejar el método científico. Antes de aplicar los procedimientos científicos a la enseñanza de las ciencias, es necesario conocerlos y saber manejarlos.
- Aplicar las distintas herramientas y propuestas didácticas que se han hecho tomando como fundamento la metodología científica y, en general, la Historia y Filosofía de las ciencias, en la mejora de la unidad didáctica o ficha de actividades que se confeccionó anteriormente.

3.4.1 CONOCER Y MANEJAR LOS PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD DE LOS CIENTÍFICOS

La actividad constructiva del conocimiento de ciencias da importantes sugerencias para planificar progresiva, sistemática y racionalmente gran número de actividades didácticas. Ahora bien, aunque el estudio de cómo llevan a cabo los científicos su actividad es importante, lo es más aún, dado que ésta contiene herramientas de trabajo, aprender a manejar éstas.

De un modo similar, si estas herramientas que usa el científico son de gran valor en su trabajo, al trasladarlas a las clases de ciencias se podrá desarrollar en el alumnado ciertas destrezas y habilidades que le permitirán abordar genéricamente la solución a una gran diversidad de problemas con aceptables posibilidades de éxito.

3.4.2 SUGERENCIAS PARA REALIZAR LA INVESTIGACIÓN

Para adquirir manejo con las herramientas de los científicos se va a realizar, una pequeña investigación que permita la utilización y aplicación de los procedimientos

científicos más importantes. La investigación se irá desarrollando a través de una ficha de actividades que orientará al alumno, mediante *técnicas de descubrimiento dirigido*, de modo que en el transcurso de la investigación pueda conocer y ejercitar los diversos procedimientos científicos, así como tomar conciencia de la función y utilidad de cada uno de éstos.

Jalonando el curso de la investigación se irán planteando cuestiones cuya respuesta exige información sobre el procedimiento en uso. Ésta se puede localizar en el § 2.1.1.4. Esta investigación está estructurada según una de las muchas secuencias que puede adoptar una investigación científica. En este caso, por motivos didácticos, se ha elegido una investigación donde se aplica casi todo el repertorio de procedimientos científicos.

3.4.3 CONTEXTO, SIMULACIÓN Y REGLAS DE JUEGO DE ESTA INVESTIGACIÓN

1. El objetivo que se persigue es el de adquirir un conocimiento preciso, extenso y claro que permita encasillar cualquier cuerpo de nuestro entorno según su grado de flexibilidad.
2. Sólo tenemos la información que aparece al final de la investigación y un conjunto de objetos que se pueden conseguir con facilidad en casa. Algunos de los objetos son claramente flexibles mientras que otros parecen ser muy rígidos.
3. Consideraremos que la ficha nos invita a pasar a las páginas informativas, en el momento que encontremos una cuestión o pregunta enmarcada. Buscaremos justo la información que permita responder a dicha cuestión y en caso de necesitar más, volveremos a informarnos con más profundidad.
4. El juego considera que el grupo que realiza la ficha trabaja a modo de científicos cuyas declaraciones serán válidas en tanto exista un consenso sobre la verdad de éstas. En realidad en este trabajo no se evalúa el conocimiento que se tenga o se llegue a tener de los cuerpos flexibles, y sí el modo de aplicar los conocimientos que se adquieran en la parte informativa del método científico en el curso de la investigación.
5. Es importante para el buen desarrollo de esta investigación que, al menos en 10 objetos, tengamos serias dudas sobre cuál debe ser su casilla para que estén bien clasificados. Lo importante en esta investigación es ver como progresamos realizando clasificaciones cada vez más precisas; no podríamos experimentar este avance si desde el principio sabemos a "ciencia cierta" encasillar los objetos según sean flexibles o no.
6. Una actitud abierta, creativa, intuitiva y aventurera es la mejor para afrontar esta investigación, pero estando presente en todo momento una buena actitud reflexiva y racional.

3.4.4 APRENDER A MANEJAR LOS PROCEDIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD DEL CIENTÍFICO

La ficha de investigación que a continuación se presenta se ha estructurado de modo que en cada página se aplica primordialmente un procedimiento científico. Atención a las cuestiones enmarcadas invitando a tomar información, ya que las cuestiones posteriores requieren de ésta. Por lo tanto sólo se pueden responder adecuadamente si previamente se ha realizado una buena lectura informativa.

3.4.4.1 *Conocimiento de partida*

- 1.1. Se comienza la pequeña investigación haciendo constar qué conocimientos poseemos sobre cuerpos flexibles, y para ello vamos a definir lo que creemos que es un cuerpo flexible y lo que es un cuerpo elástico:

Definición:

- 1.2. En base a la definición anterior, realizar una clasificación de los materiales disponibles, procurando colocar sobre las casillas sombreadas los objetos sobre los que recaen ciertas dudas para ser clasificados:

MATERIALES FLEXIBLES		MATERIALES NO FLEXIBLE
Materiales elásticos	Materiales no elásticos	

INFÓRMATE SOBRE EL PUNTO DE PARTIDA DEL MÉTODO CIENTÍFICO

3.4.4.2 Observación

- 2.1. Observa atentamente los distintos objetos con el fin de hacer una lista de propiedades o características comunes más visibles (formas, rugosidad, densidad, maleabilidad -adopta formas laminares sin romperse-, ductilidad -puede alargarse sin romperse-, etc) de los cuerpos flexibles y de los no flexibles. No es forzosamente necesario que todos los objetos tengan una determinada cualidad, sólo la mayoría:

FLEXIBLES	NO FLEXIBLES

¿QUÉ ES LA OBSERVACIÓN CIENTÍFICA?

- 2.2. ¿Se puede considerar como científica la observación que has hecho? ¿por qué?
- 2.3. En la parte informativa considera que son cinco los elementos que se ponen en juego en el proceso de observación, ¿cuáles han sido en tu caso particular?
- 2.4. ¿Cómo podríamos afinar más en nuestra observaciones?
- 2.5. Trata de seriar los materiales elásticos poniendo en primer lugar el de mayor elasticidad y en último el de menos:

3.4.4.3 La clasificación

3.1. De disponer de unos instrumentos que permitieran aplicar fuerzas 10 veces superiores a las nuestras y otros que detectaran pequeños desplazamientos al intentar doblar los objetos, ¿cambiaría nuestra clasificación en algo?

3.2. Según las apreciaciones realizadas en el apartado de *observaciones* y la respuesta a 3.1., vamos a realizar la misma clasificación de antes para ver si es necesario modificarla:

MATERIALES FLEXIBLES		MATERIALES NO FLEXIBLE
Materiales elásticos	Materiales no elásticos	

¿QUÉ CONDICIONES EXIGE UNA BUENA CLASIFICACIÓN?

3.1. En nuestra clasificación ¿está bien coordinada la comprensión con la extensión? ¿por qué?

3.2. Si has realizado alguna modificación respecto a la primera clasificación, ¿qué ha podido influir más en este cambio, tus razonamientos o tus observaciones? Explica la respuesta:

3.4.4.4 Inferencia

¿QUÉ ES LA INFERENCIA CIENTÍFICA?

- 4.1. Vamos a realizar dos inferencias factuales tal que partiendo de argumentos que son producto de nuestra observación obtengamos por razonamiento nuevos argumentos (si es posible, realizar alguna inferencia relativa a la definición inicial sobre cuerpos flexibles con el fin de excluir, adecuar, sustituir, y/o concretar los términos que has utilizado en la definición). Indica en cada caso el tipo de inferencia que realizas, pero antes lee la inferencia que se pone como ejemplo:

Todos los cuerpos flexible de que disponemos son rugosos
 Posiblemente todo cuerpo flexible sea rugoso
 (inferencia inductiva)

- 4.2. Realiza una inferencia donde se demuestre si es adecuado utilizar el concepto de flexibilidad sobre líquidos (como ejemplo se hace una inferencia con gases, que no vale repetir cambiando gases por líquidos):

Para ver si un cuerpo es flexible hay que intentar doblarlo
 Para doblar un cuerpo es necesario presionar con la mano
 Los gases no se pueden coger con la mano
 Luego no podemos decir si los gases son flexibles o no

3.4.4.5 Definición de un problema

¿CÓMO SE DEFINE UN PROBLEMA CIENTÍFICO?

- 5.1. Las apariencias de los materiales clasificados y/u otras circunstancias inducen a veces a realizar clasificaciones imprecisas sobre la flexibilidad de éstos; valga como ejemplo el hecho de que ciertos cuerpos por su excesivo grosor o porque son muy cortos, parecen no flexibles, además, es posible que si tuviéramos una vista más fina veríamos doblarse algunos cuerpos aunque parezca lo contrario y posiblemente, si tuviéramos más fuerza doblaríamos todos los cuerpos. Según tu propia experiencia, indica cuál es el problema más importante relativo a la dificultades que surgen para hacer una buena clasificación:
- 5.2. ¿Has definido correctamente tu problema? Realiza un comentario sobre el grado de corrección. Si no está bien definido es necesario que lo reformules de modo que la solución no sea trivial ni esté fuera de vuestro alcance:
- 5.3. Define correctamente otro problema importante:

3.4.4.6 Hipótesis

- 6.1. Vamos a considerar el problema más importante que has definido, ya que se pretende ahora darle una solución, para ello se van a formular una o varias soluciones que parezcan razonables y a la vez permitan posteriormente ser comprobadas experimentalmente. Habrá que formular tantas hipótesis como se vean necesarias para solucionar el problema:

¿QUÉ SON LAS HIPÓTESIS?

- 6.2. ¿Qué tipo de hipótesis has formulado?
- 6.3. Si no están bien formuladas debes modificarlas, en caso contrario, deberás explicar por qué:

3.4.4.7 La experimentación

¿CÓMO SE REALIZA UNA BUENA EXPERIMENTACIÓN?

- 7.1. Haz unos dibujos de los experimentos que vas a diseñar para comprobar la veracidad de las hipótesis que has formulado. Coméntalos:
- 7.2. ¿Cuáles son las variables que se ponen en juego en el diseño? ¿has mantenido algunas constantes?
- 7.3. Ejecuta los experimentos y comenta el desarrollo de los mismos:
- 7.4. Comprueba si las hipótesis que has formulado son ciertas o si por el contrario se deben refutar. Realiza un comentario sobre esto:

3.4.4.8 Conclusiones

3.4.4.9 Revisión del conocimiento inicial

9.1. Realiza a la luz de los nuevos resultados una nueva definición y clasificación:

MATERIALES FLEXIBLES		MATERIALES NO FLEXIBLE
Materiales elásticos	Materiales no elásticos	

9.2. ¿Se aprecian modificaciones con respecto a la definición y clasificación inicial?
Si es el caso, indica qué ha influido más en dichos cambios: los razonamientos
o la experimentación:

3.4.4.10 Características del método científico

Vamos a intentar ahora tomar conciencia de lo que hemos estado haciendo hasta aquí.

- 10.1. Como una forma de conocer el entorno natural que nos rodea ¿es útil este método? ¿en qué campo es más útil?
- 10.2. ¿Qué se podría decir respecto a la capacidad de este método para incrementar el conocimiento que tenemos sobre algo?:
- 10.3. ¿En qué se distingue este modo de pensar con el que se utiliza cotidianamente?
- 10.4. ¿Cuáles son las características más importante que se aprecian en el modo de pensamiento que se utiliza en el método científico?
- 10.5. Si lo aplicamos a la enseñanza, ¿en qué sentido nos podría ayudar?
- 10.6. Realiza un comentario sobre la utilización con fines didácticos de estos dos métodos: inductivo e hipotético-deductivo (ver en parte informativa "*diferencias entre el método inductivo e hipotético-deductivo*");

3.4.5 SEGUNDA MEJORA DE LA FICHA DE ACTIVIDADES

Una vez realizada la investigación, se va a realizar ahora una ***segunda mejora de las actividades***. Ésta se va a llevar a cabo aplicando dos nuevos conocimientos adquiridos:

- a) Sobre los modelos de enseñanza de las ciencias basados en la analogía del *alumno como científico* (AcC). Se elegirá entre las diferentes sugerencias didácticas que aportan estos modelos, aquellas que puedan resultar más útiles para mejorar las actividades.
- b) Sobre cómo se lleva a cabo la actividad científica y los procedimientos que son usuales aplicar. Habría que considerar las siguientes sugerencias didácticas:
 - b1. Transformar las actividades desarrolladas de un modo declarativo a un modo más procedimental usando parcial o totalmente los procedimientos propios de la actividad científica. La cuestión importante que habrá que plantearse es ¿cómo puedo hacer esta actividad más procedimental? Por ejemplo, intentemos "forzar" actividades procedimentales para "*los huesos*". Dado que los huesos no pueden observarse a simple vista, caemos en la cuenta que podemos tomar una primera imagen de éstos palpándolos con la mano lo que nos sugiere de inmediato una serie de actividades de identificación de los huesos presionando con la mano. De ahí se sigue, previo planteamiento de actividades clasificatorias, con un desarrollo de una nueva serie de actividades donde se clasifiquen los huesos por su longitud o por su forma.
 - b2. La anterior idea de hacer más procedimental la ficha, llevada a un grupo extenso de actividades nos plantea la cuestión de ¿cómo puedo transformar el grupo de actividades en una pequeña investigación? Por ejemplo, en "*partes de la flor*" queremos hacer una pequeña investigación. Se necesita un mínimo de material real para aplicar algunos procesos científicos. Se continúa con los siguientes pasos: a) Previa partición cuidadosa de las flores en las partes que las constituyen se realizaría una clasificación siguiendo criterios de semejanzas y diferencias de las partes de las flores. b) Lista de características comunes a cada grupo. c) Verificación de los resultados obtenidos comparándolos con los del libro de texto.
 - b3. En ocasiones puede ser útil iniciar un grupo de actividades con un problema o cuestión. En algunos casos es eficaz continuar con un grupo de actividades estructuradas a modo de pequeña investigación con el fin de resolver el problema planteado.
 - b4. No deberían faltar actividades donde se fomente en el alumno su capacidad de razonamiento. Se les podría invitar a que realizara diferentes tipos de inferencias tanto inductivas como deductivas.

3.4.6 PLAN PARA LA SEGUNDA MEJORA DE LAS ACTIVIDADES

Como ya se hizo en la *primera mejora aplicando técnicas y recursos*, para planificar la segunda mejora y llevarla a cabo de un modo ordenado, se rellenará la tabla "*plan para la segunda mejora de las actividades*". En este caso, en la celdilla correspondiente donde se va hacer un cambio se pondrá el modelo de enseñanza que sugiere el cambio (MCC, MCA, MEPI) o alguna sugerencia didáctica extraída de la actividad procedimental científica (b1, b2, b3, b4):

PLAN PARA LA SEGUNDA MEJORA DE LAS ACTIVIDADES (CONTENIDO)																									
TAREAS																									
CAMBIOS																									
Ampliar																									
Modificar																									
Sustituir																									
Reordenar																									
Otros																									

De todos los cambios que se han pensado realizar, al menos dos deberán razonarse en la hoja correspondiente: a) "*Hoja para razonar cambios al aplicar los modelos Acc*" y b) "*Hoja para razonar cambios de actividades declarativas a procedimentales*".

HOJA PARA RAZONAR CAMBIOS AL APLICAR LOS MODELOS AcC

CAMBIAR ACTIVIDADES

TIPOS DE CAMBIOS

RAZONES

El texto debe contener al menos dos partes:

- *La razón para hacer los cambios citando la orientación didáctica y el modelo que la contiene y,*
- *Una alusión a las actividades que se ven afectadas por el cambio.*

NUEVAS ACT.

Si hay suficiente espacio se exponen las nuevas actividades que han resultado del cambio, en caso contrario, se indicará cómo se van a desarrollar.

HOJA PARA RAZONAR CAMBIOS DE ACTIVIDADES DECLARATIVAS A PROCEDIMENTALES

CAMBIAR ACTIVIDADES

TIPOS DE CAMBIOS

RAZONES

El texto debe contener al menos dos partes:

- *La razón para hacer cambios intentando convertir actividades de tipo declarativo a procedimental y,*
- *Una alusión a las actividades que se ven afectadas por el cambio.*

NUEVAS ACT.

Si hay suficiente espacio se exponen las nuevas actividades que han resultado del cambio, en caso contrario, se indicará cómo se van a desarrollar.

3.5

CUARTA ACTIVIDAD: ACERCANDO LA UNIDAD DIDÁCTICA AL ALUMNADO TERCERA MEJORA DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

La segunda mejora, la que se ha fundamentado en cómo se lleva a cabo la actividad científica y en los modelos para enseñar ciencias basados en la analogía *el alumno como científico*, supone sobre todo un progreso en la ficha de actividades al contener más actividades procedimentales y, presumiblemente, por mejorar la comprensión y adquisición de los contenidos de ciencias. Sin embargo, es posible que en la segunda mejora se haya puesto en juego conceptos de difícil comprensión para el alumnado y procedimientos con un nivel de exigencia superior a sus capacidades cognitivas.

3.5.1 TERCERA MEJORA DE LA FICHA DE ACTIVIDADES

La tercera mejora intenta paliar, al menos parcialmente, las anteriores limitaciones y para ello se fundamenta en diferentes tipos de información relacionadas con el *alumno como aprendiz de ciencias*:

- a) Información sobre el conocimiento específico del alumnado que está relacionado con los conceptos que se van a enseñar. Esto permite saber de la existencia de errores conceptuales o concepciones alternativas en el alumnado, y en consecuencia, se podrían hacer ajustes en las actividades relacionadas con estos conceptos.
- b) Información sobre las limitaciones del alumnado sobre los diferentes procedimientos usados en las actividades. Esto haría posible no implicar al alumnado en actividades con un nivel de exigencia procedimental a las que el alumno no podría responder.
- c) Información sobre los diferentes modos que posee el alumno para construir conocimiento. Precisamente, la función de las orientaciones didácticas basadas en *el alumno como aprendiz*, es la de sugerir modos de desarrollar las actividades y de crear condiciones óptimas de enseñanza desde los diferentes modos de construcción cognitiva del alumnado (§ 2.3.3).

Aunque existe abundante documentación específica y metodológica sobre la información de tipo (a), limitaciones temporales impiden llevar a cabo transformaciones de las actividades sugeridas por ésta. Algo semejante sucede con la tipo (b), sin embargo, en este caso sabemos que el alumnado de Primaria está a grandes rasgos en un nivel de operaciones concretas donde le resultaría difícil desarrollar secuencias hipotético-

deductivas. Esta limitación general se intenta paliar con la secuencia inductiva de actividades contenida en el modelo de enseñanza del *AcA* (§ 2.3.4).

3.5.2 PLAN PARA LA TERCERA MEJORA DE LAS ACTIVIDADES

Para llevar a cabo un plan ordenado de mejora de las actividades se vuelve a rellenar la tabla "*plan para la tercera mejora de las actividades*". En este caso donde se vaya a hacer cambios se pondrá lo siguiente:

- *AcA* en todas las celdillas que se corresponden con la secuencia completa de actividades que seguían una secuencia hipotético-deductiva y que se quieren reordenar por una secuencia inductiva (§ 2.3.4).
- A, B, C ó D en la celdilla correspondiente según la sugerencia didáctica (§ 2.3.3) que nos ha dictado el cambio.

PLAN PARA LA TERCERA MEJORA DE LAS ACTIVIDADES (CONTENIDO)																									
TAREAS																									
CAMBIOS																									
Ampliar																									
Modificar																									
Sustituir																									
Reordenar																									
Otros																									

De todos los cambios que se han pensado realizar, al menos dos deberán razonarse en la hoja correspondiente: a) "*Hoja para razonar cambios al aplicar el modelo *AcA**" y b) "*Hoja para razonar cambios según sugerencia didáctica *AcA**".

HOJA PARA RAZONAR CAMBIOS AL APLICAR EL MODELO ACA

CAMBIAR ACTIVIDADES

TIPOS DE CAMBIOS

RAZONES

El texto debe contener al menos dos partes:

- *La razón para hacer los cambios y,*
- *Una alusión a las actividades que se ven afectadas por el cambio.*

NUEVAS ACT.

Si hay suficiente espacio se exponen las nuevas actividades que han resultado del cambio, en caso contrario, se indicará cómo se van a desarrollar.

HOJA PARA RAZONAR CAMBIOS SEGÚN SUGERENCIA DIDÁCTICA ACA

CAMBIAR ACTIVIDADES

TIPOS DE CAMBIOS

RAZONES

El texto debe contener al menos dos partes:

- *La razón para hacer los cambios citando la sugerencia didáctica Aca usada y,*
- *Una alusión a las actividades que se ven afectadas por el cambio.*

NUEVAS ACT.

Si hay suficiente espacio se exponen las nuevas actividades que han resultado del cambio, en caso contrario, se indicará cómo se van a desarrollar.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J.A.** (1996). La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26, pp. 131-144.
- Acevedo, J.A., Manassero, M.A. y Vázquez, A.** (2002) Nuevos retos educativos: hacia una orientación cts de la alfabetización científica y tecnológica. *Revista pensamiento educativo*, 30, 15-34.
- Aliberas, J., Gutiérrez, R. e Izquierdo, M.** (1989). Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 9, pp. 17-24.
- Ausubel, D.P.** (1982). *Psicología educativa, "Un punto de vista cognoscitivo"*. Mexico: Trillas.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H.** (1986). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Méjico: Trillas.
- Baena Cuadrado, M.D.** (1993). La "ciencia" del profesorado, enseñanza de las ciencias y aprendizaje científico. *Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso)*, Extra, pp. 25-26.
- Barba, R.H. y Rubba, P.A.** (1993). Expert and novice, earth and space science: teachers' declarative, procedural and structural knowledge. *International Journal of Science Education*, 15(3), pp. 273-282.
- Bunge, M.** (1981). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Calatayud, M.L. y Gil, D.** (1993). La preparación docente del profesorado de facultades de ciencias: una necesidad emergente. *Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso)*, Extra, pp. 35-36.
- Castilla del Pino, C.** (2000). *Teoría de los sentimientos*. Barcelona: Tusquets.
- Claxton, G.** (1987). *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza Editorial.
- Claxton, G.** (1994). *Educación mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor.
- Coll, C.** (1992b). Constructivismo e intervención educativa (I), "¿Cómo enseñar lo que ha de construirse?". *Aula de Innovación Educativa*, 2, pp. 79-82.
- Chalmers, A.F.** (1984). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*. Madrid: Siglo XXI.
- Davidoff, L.L.** (1989). *Introducción a la Psicología*. Mexico: McGraw-Hill.
- Delval, J.** (1997). *Tesis sobre el constructivismo*. pp.15-24. En M.J. Rodrigo y J. Arnay (comp.). La construcción del conocimiento escolar. Barcelona: Paidós.
- De Posada, J.M.** (1996). Hacia una teoría sobre las ideas científicas de los alumnos: influencia del contexto. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 303-314.
- Driver, R.** (1983). *The pupil as scientist*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Driver, R.** (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.

- Driver, R.** (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(6), pp. 109-120.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A.** (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/M.E.C. (Ver.orig. 1985. Children's ideas in science. Londres: Open University Press).
- Driver, R. y Oldham, V.** (1986). A constructivist approach to curriculum development in Science. *Studies in Science Education*, 13, pp. 105-122.
- Duit, R.** (1999). Conceptual change approaches in Science Education. pp. 263-282. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero. (eds). *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier.
- Duschl, R.A. y Gitomer, D.H.** (1991). Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp. 839-858.
- Erazo, M.A., Cardenas, F.A. y Salcedo, L.E.** (1994). Investigación científica y formación de docentes en Ciencias. *Actualidad Educativa*, 1(2-3), pp. 22-30.
- Fernandez, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J.** (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 477-488.
- Ferrater Mora, J.** (1978). *Diccionario de Filosofía abreviado*. Barcelona: Edhasa.
- Feyerabend, P.K.** (1974). *Contra el método*. Barcelona: Ariel.
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V.** (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿alfabetización científica o preparación propedéutica?. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), pp. 365-376.
- Furió, C.J.** (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 188-199.
- Furió, C.J. y Gil, D.** (1989). La Didáctica de las Ciencias en la Formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), pp. 257-265.
- García Madruga, J.A.** (1990). *Aprendizaje por descubrimiento frente a aprendizaje por recepción. La teoría del aprendizaje verbal significativo*, pp. 81-93. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi. Desarrollo psicológico y Educación, II. Madrid: Alianza Editorial.
- Gil, D.** (1993a). Contribución de la historia y de la filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp.
- Gil, D.** (1994a). Diez años de investigación en Didáctica de las Ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 154-164.
- Gil, D.** (1996). New Trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, 18(8), pp. 889-901.

- Gil, D., Carrascosa, J. y Martínez Terrades, F.** (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. pp.11-34. En F.J. Perales y P. Cañal. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Gil, D., Dumas Carré, A., Caillot, M., Martínez Torregrosa, J. y Ramirez, L.** (1988a). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, 6, pp. 3-20.
- Gilbert, J.K. y Swift, D.J.** (1985). Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69(5), pp. 681-696.
- Glaserfeld, E. von.** (1993). *Introducción al constructivismo radical*, pp. 20-27. En P. Watzlawick y otros. La realidad inventada. Barcelona: Gedisa.
- Hashweh, M.Z.** (1988). Descriptives studies of students' conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(2), pp. 121-134.
- Hewson, P.W., Beeth, M.E. y Thorley, N.R.** (1998). Teaching for Conceptual Change. pp. 199-218. En B.J. Fraser y K.G. Tobin. (eds). *International Handbook of Science Education*. Londres: Kluwer.
- Hewson, P.W. y Thorley, R.** (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *Internacional Journal of Science Education*, 11(5), pp. 541-553.
- Heyworth, R.M.** (1999). Procedural and conceptual knowledge of expert and novice students for the solving of a basis problem in chemistry. *International Journal of Science Education*, 21(2), pp.195-211.
- Holton, G.** (1972). *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona: Reverté. (Ver.orig. 1952. Introduction to Concepts and theories in Phisical Science. Massachusetts: Addisson-Wesley).
- Inhelder, B.** (1975). *Aprendizaje y estructuras de conocimiento*. Madrid: Morata.
- Izquierdo, M.** (2000). Fundamentos Epistemológicos. pp.35-64. En F.J. Perales y P. Cañal. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy:
- Jiménez Aleixandre, M.P.** (1992). *El desarrollo cognitivo y afectivo: objetivos de la enseñanza de las Ciencias*, pp. 13-24. En Jiménez Aleixandre y otros. Didáctica de las Ciencias Naturales. Madrid: MEC.
- Jiménez Aleixandre, M.P.** (2000). Modelos Didácticos. pp.165-186. En F.J. Perales y P. Cañal. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Jiménez Aleixandre, P. y Sanmartí, N.** (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos de la Educación Secundaria. pp. 17-46. En L. del Carmen, La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la educación secundaria. Barcelona: ICE/Horsori.
- Karmiloff-Smith, A.** (1994). *Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza.
- Kelly, G.A.** (1955). *The psychology of personal constructs*. London: Routledge.
- Kuhn, T.S.** (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

- Lakatos, I.** (1974). *Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos.
- Lakatos, I.** (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Lawson, A.E.** (1991). Is Piaget's Epistemic Subject Dead?. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(7), pp. 581-591.
- Lawson, A.E.** (1993a). Inductive-deductive versus Hypothetico-deductive reasoning: A reply to Yore. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), pp. 613-614.
- Leontiev, A.N.** (1979). Los principios del desarrollo mental y el problema del retraso mental. pp. 81-98. En Luria, Leontiev y Vygotsky (comp.). *Psicología y pedagogía*. Madrid: Akal.
- Longbottom, J.E. y Butler, P.H.** (1999). Why teach science? Setting rational goals for science education. *Science Education*, 83(4), pp.473-492.
- Luffiego, M.** (2001) Reconstruyendo el constructivismo: hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 377-392
- Maiztegui, A. y otros.** (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155.
- Marín, N.** (1984). *Cuaderno de experimentos de Física para maestros*. pp. 85-92. En Actas de los IV Encuentros de Didáctica de la Física y Química. Cádiz: Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz.
- Marín, N.** (1986). *Estudios sobre las S.R.T de M. Shayer*. Comunicación presentada a los VII Encuentros de Didáctica de la Física y Química, Jaén.
- Marín, N.** (1991). *Criterios de Actuación Didáctica*. El autor: Almería.
- Marín, N.** (1994). Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 20, pp. 195-208.
- Marín, N.** (1995). *Metodología para obtener información del alumno de interés didáctico*. Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.
- Marín, N.** (1996). *Aportaciones del Diseño Curricular Base a la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Comunicación presentada en los XVII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, La Rabida (Huelva).
- Marín, N.** (1997). *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.
- Marín, N.** (1999). Del cambio conceptual a la adquisición de conocimientos. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 109-114.
- Marín, N., Jiménez Gómez, E. y Benarroch, A.** (1997). Delimitación de "lo que el alumno sabe" a partir de objetivos y modelos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp. 215-224.

- Marín, N., Solano, I. y Jiménez Gómez, E.** (2001). Characteristics of the methodology used to describe students' conceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), pp.663-690.
- Marín, N., Solano, I. y Jiménez Gómez, E.** (1999). Tirando del hilo de la madeja constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), p. 479-492.
- Marina, J.A.** (1996). *El laberinto sentimental*. Barcelona: Anagrama.
- Marina, J.A.** (1998). *La selva del lenguaje*. Barcelona: Anagrama.
- Martín Díaz, M.J.** (2002). Enseñanza de las ciencias ¿Para qué?. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 1, Nº 2 (2002). <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- Martínez Torregrosa, J., Doménech, J.J. y Verdú, R.** (1993). Del derribo de ideas al levantamiento de puentes:, "La Epistemología de la Ciencia como criterio organizador de la enseñanza de las ciencias Física y Química". *Currículum*, 6, pp. 67-89.
- Matthews, M.R.** (1990). History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement. *Studies in Science Education*, 18, pp
- MEC.** (1989). *Diseño Curricular Base, "Educación Primaria, I y II"*. Madrid: M.E.C.
- MEC.** (1993). *Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE)*. Madrid: BOE (31-12-1993).
- MEC.** (2002). *Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE)*. Madrid: BOE (23-12-2002).
- Oliva, J.M.** (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 93-108.
- Osborne, J.F.** (1996). Beyond Constructivism. *Science Education*, 80(1), pp. 53-82.
- Piaget, J.** (1974). *El estructuralismo*. Barcelona: Oikos-tau.
- Piaget, J.** (1976). *La toma de conciencia*. Madrid: Morata. (Ver.orig. 1974. Le prise de conscience. París: Presses Universitaires de France).
- Piaget, J.** (1977a). *Epistemología genética*. Argentina: Solpin. (Ver.orig. 1970. L'epistemologie génétique. París: Presses Universitaires de France).
- Piaget, J.** (1977b). *Lógica y psicología*. Argentina: Solpin. (Ver.orig. 1953. Logic and psychology. New York: Manchester University Press).
- Piaget, J.** (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas, "Problema central del desarrollo"*. Madrid: Siglo XXI.
- Piaget, J.** (1980a). *Biología y Conocimiento*. México: Siglo XXI.
- Piaget, J.** (1980b). *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Ariel. (Ver.orig. 1969. Psychologie et pédagogie. París: Gonthier).
- Piaget, J. e Inhelder, B.** (1984). *Psicología del niño*. Madrid: Morata. (Ver.orig. 1969. La psychologie de l'enfant. París: Presses Universitaires de France).
- Piaget, J. y García, R.** (1973). *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral.
- Piaget, J. y García, R.** (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Mexico: Siglo XXI.

- Pintrich, P.R.** (1999). Motivational Beliefs as Resources for and Constraints on Conceptual Change. pp. 33-50. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero. (eds). *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A.** (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), pp. 211-227.
- Pozo, J.I.** (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I.** (1999). Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: del cambio conceptual a la integración jerárquica. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, pp.15-31.
- Pozo, J.I.** (2001) *Humana mente: el mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M. y Serrano Sanz, A.** (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la Química. Madrid: CIDE (MEC).
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A.** (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I. y Scheuer, N.** (1999). *Las concepciones sobre el aprendizaje como teorías implícitas*, pp. 87-108. En J.I. Pozo y C. Monereo. *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Aula XXI/Santillana.
- Reif, F. y Larkin, J.H.** (1991). Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9),
- Rivière, A.** (1990). *La teoría cognitiva social del aprendizaje: implicaciones educativas*, pp. 69-80. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi. *Desarrollo psicológico y Educación*, II. Madrid: Alianza Editorial.
- Rodrigo, M.J., Rodríguez, A. y Marrero, J.** (1993). Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano. Madrid: Visor.
- Roth, W.M.** (1990). Neo-piagetian predictors of achievement in physical science. *Journal of research in science teaching*, 27(6), pp. 509-521.
- Sánchez Meca, D.** (1996). *Diccionario de Filosofía*. Madrid: Alderabán.
- Sarabia, B.** (1992). El aprendizaje y la enseñanza de las actitudes. pp. 133-198. En Coll, C., Pozo, J.I., Sarabia, B. y Valls, E. (eds.). *Los contenidos en la Reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana.
- Shayer, M. y Adey, P.S.** (1984). *La ciencia de enseñar Ciencia, "Desarrollo cognoscitivo y exigencias del curriculum"*. Madrid: Narcea.
- Shayer, M. y Adey, P.S.** (1992). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students II: Postproject effects on Science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), pp. 81-92.

- Shayer, M. y Adey, P.S.** (1993). Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: three years after a two years intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), pp. 351-366.
- Solbes, J. y Vilches, A.** (1993). El modelo de enseñanza por investigación y las relaciones C/T/S. Resultados de una experiencia llevada a cabo con alumnos de BUP y COU. *Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso)*, Extr, pp. 133-134.
- Solomon, J.** (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, pp. 1-19.
- Toulmin, S.** (1972). *Human understanding Vol I. The collective usage and evolution of concepts*. Princeton: Princeton University Press. (Trad.cast. 1977. La comprensión humana, I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza Universitaria).
- Valdés, P., Gil, D., Vilches, A. y Martínez-Torregrosa, J.** (2002). ¿Qué entendemos por constructivismo en didáctica de las ciencias? II Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias: La enseñanza de las ciencias en el siglo XXI. La Habana, Cuba (11-15 de Febrero 2002). IPLAC. Edición en CD preparada por OEI.
- Vázquez, A., Acevedo, J.A., Manassero, M.A. y Acevedo, P.** (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. Argumentos de Razón Técnica, 4,
- Viennot, L.** (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. París: Hermann.
- Viennot, L.** (1985). Analysing students'reasoning in science: a pragmatic view of theoretical problems. *European Journal of Science Education*, 7(2), pp. 151-162.
- Vosniadou, S.** (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.
- Vuyk, R.** (1985). *Panorámica y crítica de la epistemología genética de Piaget 1965-1980*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Watzlawick, P.** (1997). *Teoría de la comunicación humana*. Barcelona: Herder.
- Wheatley, G.H.** (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), pp. 9-21.
- Yang, W.G.** (1999). An Analysis of "Pupil as Scientist" Analogies. Paper presented at 5th International History, Philosophy and Science Teaching Conference: Science as Culture. Bicentenary of the Invention of the Battery by Alessandro Volta. Lake Como, Italy. (September, 15-19).