

CONFERENCIA

**Cambio
epistemológico y
Enseñanza de las
Ciencias**

**En el marco del Simposio de Didáctica de las Ciencias
Universidad de Zulia (Maracaibo, Venezuela)
Facultad de Educación. 30 y 31 de Julio de 2003.**

**Dr. Nicolás Marín Martínez
Universidad de Almería
Almería, España**

Se va a ver que...



La enseñanza tradicional de la ciencias se puede caracterizar por sus metas y métodos pero también por sus creencias sobre ciencias y alumno



El docente mejora su enseñanza cuando se produce un cambio epistemológico sobre el conocimiento de ciencias



Aunque el cambio epistemológico sobre la ciencia aporta ciertos progresos, también tiene sus limitaciones si no se extiende al aprendiz



Al considerar ambos cambios epistemológicos sobre ciencia y aprendiz, la enseñanza se puede ver como un acercamiento progresivo al aprendiz

CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DE ENSEÑANZA TRADICIONAL

Visión de la enseñanza de las ciencias tradicional

- El **currículo** (qué y cómo enseñar) sigue sólo criterios disciplinares. El contenido conceptual es el ideal. La ciencia se presenta como saber acabado y riguroso.
 - La **meta** es preparar al alumno para el siguiente nivel educativo. La ciencia se enseña, más que por su valor formativo, por su valor intrínseco. En la evaluación se espera del alumno que sepa reproducir lo enseñado.
 - **Enseñar** es, ante todo, exponer la lección correctamente, ante la que el alumno tomará notas atento. Las prácticas sirven para ilustrar lo enseñado y los problemas se aprenden mecanizando ejercicios.
- Algunos conocimientos de ciencias (definiciones, nomenclaturas, descripciones...), se adquieren por mera exposición. Es posible cierta educación científica.
- **Limitaciones**
 - La mera transmisión no lleva al alumno a comprender o transferir.
 - Con frecuencia las metas y motivos de profesor y alumnos divergen, provocando desinterés y frustración.
 - La visión del alumno y de la ciencia se han mostrado poco adecuadas:
 - a) el progreso de la ciencia es más complejo que acumular ideas, y
 - b) el alumno más que copiar, construye sobre sus ideas previas.

Induce

Visión del alumno

- **El aprendiz organiza sus ideas como red conceptual de ciencias:**
 - ① se interpreta y valora ideas de los alumnos desde el de ciencias, así,
 - ② se supone sus ideas incoherentes, fragmentadas y confusas.
- **Correspondencia entre enseñar y aprender. Actitud realista al:**
 - ③ Admitir significados externos. Las respuestas contienen su significado.
 - ④ Posible aprender todo lo que se enseña. Visión interpretativa o directa del aprendizaje.

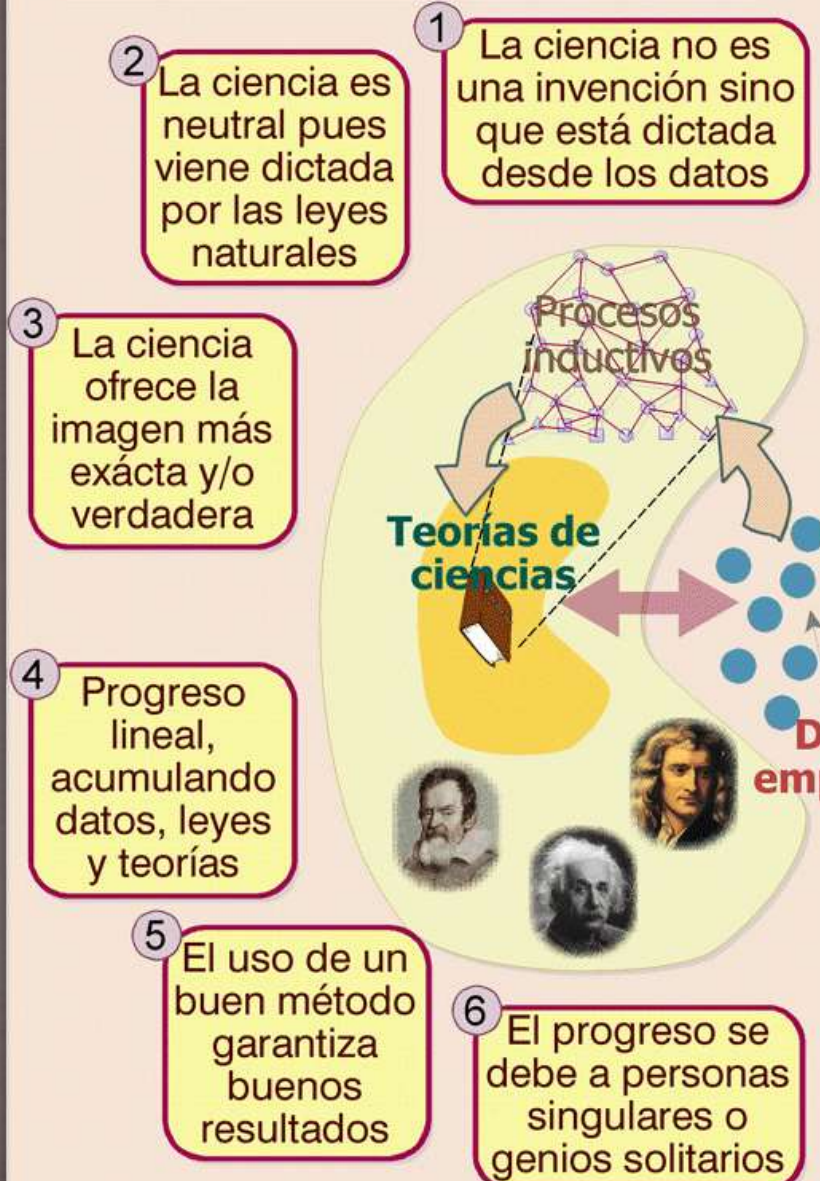
Visión de la ciencia

- ① **Visión empirista:** la ciencia crece desde los datos objetivos y neutrales que aporta la observación y la exp.
- ② **Visión dogmática y absoluta:** es el saber más exacto y preciso.
- ③ **Visión desconectada:** sin relación con los problemas de los que partieron y su evolución. No CTS
- ④ **Visión lineal y acumulativa**
- ⑤ **Visión rígida y algorítmica:** descubre aplicando método mecánicamente.
- ⑥ **Visión individualista:** sólo se ve las aportaciones de genios no de grupos.

VISIONES SOBRE EL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS

Posiciones empiristas

- Los datos son reflejo de las leyes naturales
- El mundo conocido se corresponde con el real
- El valor de la ciencia es su grado de verdad



Visión mecanicista del progreso

Posiciones constructivistas

- Los datos son interpretaciones teóricas
- El mundo conocido cambia con las teorías
- El valor de la ciencia es su utilidad y eficacia



Visión organicista del progreso

POSIBILIDADES Y LIMITACIONES DE LOS MODELO ACC

Características de la enseñanza

Idea clave: "la construcción de conocimiento de ciencias y del alumno es paralela"

- El **currículo** contempla contenidos **c-p-a**. En la práctica, la versión académica se conforma según criterios disciplinares y una visión de la ciencia compleja. CTS.
- Las **metas educativas** es educar al alumno acorde con la actividad científica y sus contenidos
- **Enseñar** es fomentar la reconstrucción de los contenidos de ciencias desde las ideas previas del alumno.

Se fomenta mediante un programa de actividades de investigación dirigidas por el docente y el alumno participa activamente, siendo responsable de su aprendizaje.

Posibilidades

Ventajas respecto a modelo tradicional:

- Fomenta enseñanza coherente de contenidos **c-p-a** con la actividad de ciencias.
- Evita visiones deformadas de ciencias.
- Prevé adquisiciones cognitivas más flexibles y transferibles.



Limitaciones

- No se prevé diseños de enseñanza ligados a la peculiaridad de la construcción del conocimiento individual (construcción de significados, conocimiento implícito y procedimental, procesos y niveles de abstracción cognitiva).
- Los diseños de enseñanza esperan del aprendiz mayor movilidad y prestancia cognitiva que la prevista por modelos mejor fundamentados psicológicamente.

1. Sobre MCA

- Datos sobre el alumno deficientes lleva a tomar medidas didácticas limitadas.
- Aprender no es ligar ideas p. con ideas n.

2. Sobre MCC

- El aprendizaje no es tal y como lo describe el MCC.

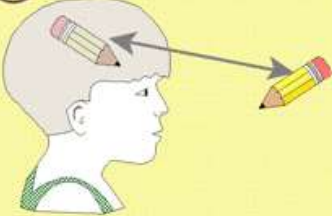
3. Sobre MEPI

- Obvian las limitaciones procedimentales.
- La actividad científica no es aprendizaje.

VISIONES SOBRE EL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO

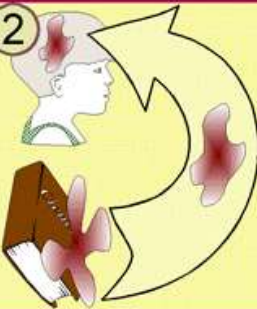
Visiones más empiristas

1



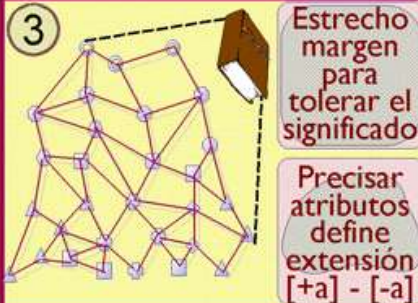
El significado se puede tomar del exterior del sujeto
Se puede asimilar todo el significado de una explicación

2



Entre enseñar y aprender no hay vínculos causales sencillos ni lógicos
Es posible aprender todo lo enseñado
Aprender es fácil

3

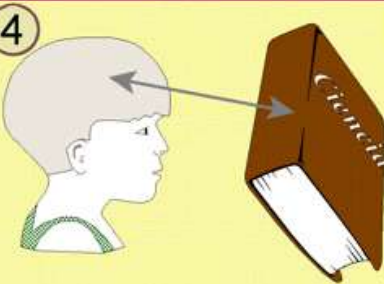


Estrecho margen para tolerar el significado

Precisar atributos define extensión
[+a] - [-a]

El modelo de red conceptual es más adecuado para interpretar el CC, no así el CA que es bien diferente

4

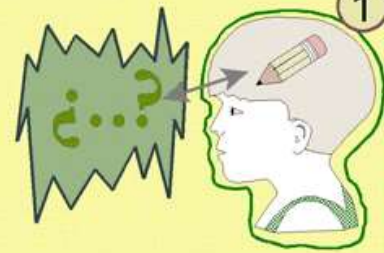


Evaluar el CA desde el CD produce notables sesgos e interpretaciones inadecuadas que no se pueden obviar

Empirismo mecanicista

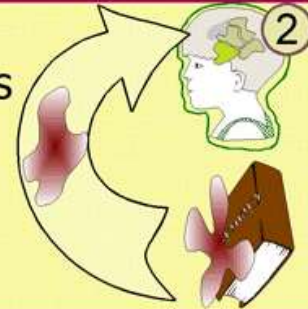
Visiones más constructivistas

1



El significado se asigna en el interior del sujeto
Al sujeto solo llegan los significantes de una información

2



Enseñar y aprender son procesos diferentes y sus vínculos son complejos.
Toda construcción se hace dentro del sujeto.
Aprender es difícil

3

Mayor margen de tolerancia del significado del concepto
Efectos prototípicos en la indentificación de objetos

Parte de la estructura cognitiva permite ser declarada con conceptos pero otros contenidos son implícitos. Ver mejor formada por esquemas

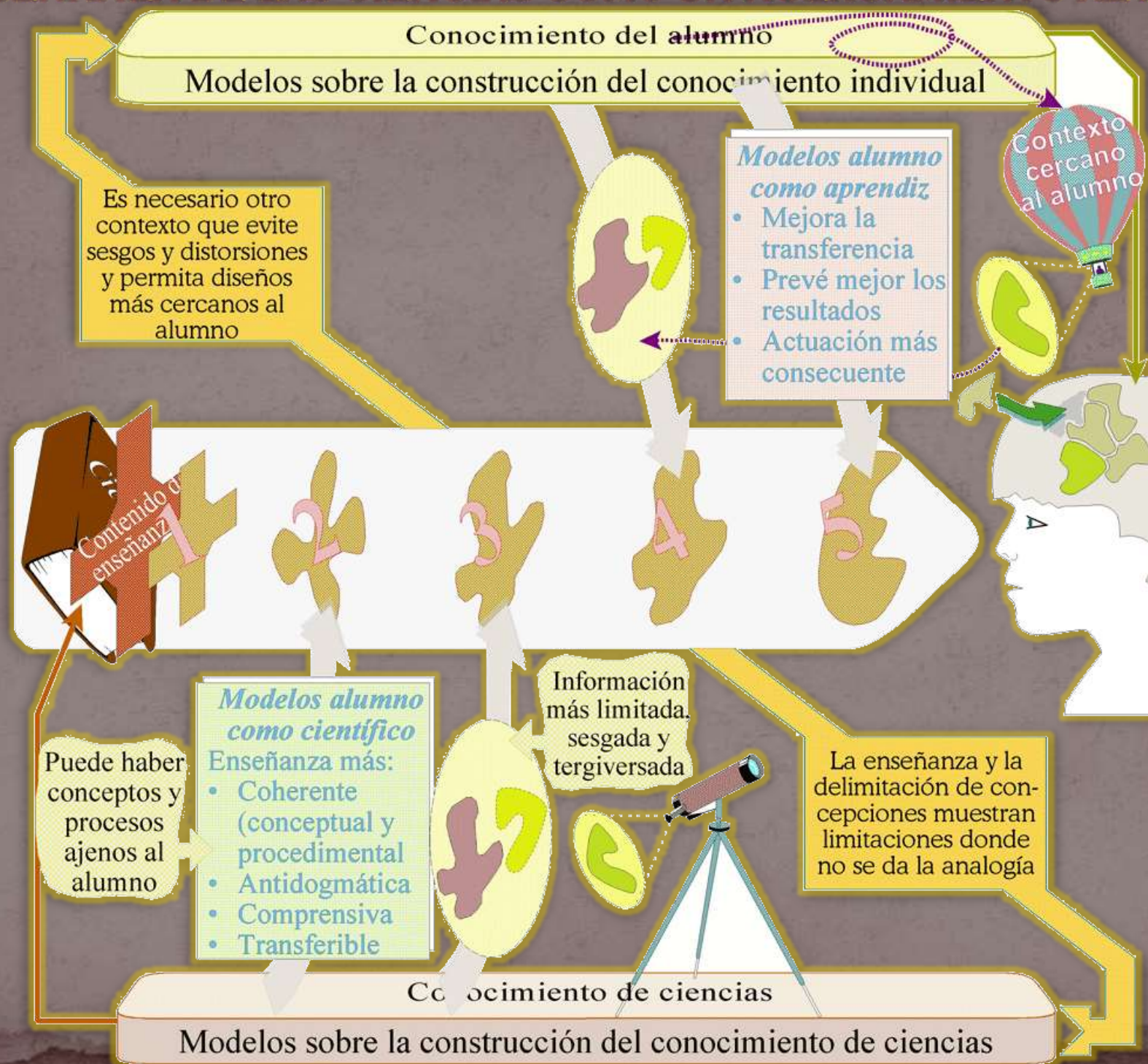
4



Los sesgos no se pueden evitar pero es posible minimizarlos si se usa un marco de interpretación como el que aporta el constructivismo orgánico

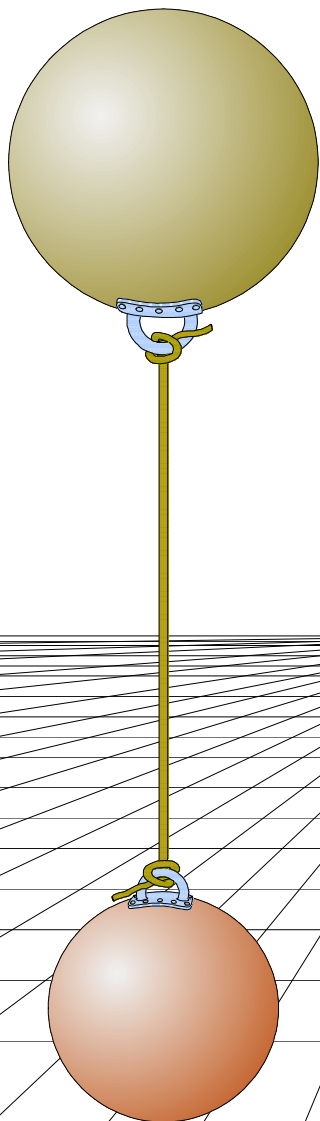
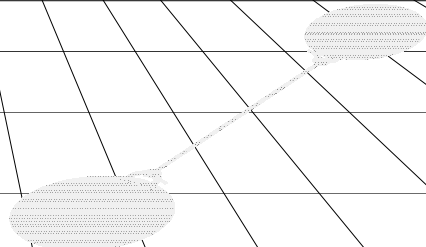
Constructivismo orgánico

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS COMO UN ACERCAMIENTO AL ALUMNO



Cambio Epistemológico y enseñanza de las Ciencias

Nicolás Marín Martínez



Cambio epistemológico y enseñanza de las Ciencias

1. ¿PARA QUÉ ENSEÑAR CIENCIAS?

No cabe duda que *aprender ciencias es difícil* para la mayoría de alumnos. 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 alumno, puesto que 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 al pensamiento supersticioso el de ciencias como forma de actuar como ciudadano activo y crítico, lo contrario supone alineamiento 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**, la cual subraya especialmente las relaciones de la **ciencia** y la **tecnología** con la **sociedad**. **CTS** *"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, se formulan objetivos para la enseñanza de las ciencias 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 son adquiridos con un significado muy pobre, usualmente por memorización y suelen olvidarse con rapidez. Así pues, los objetivos se suelen formular:

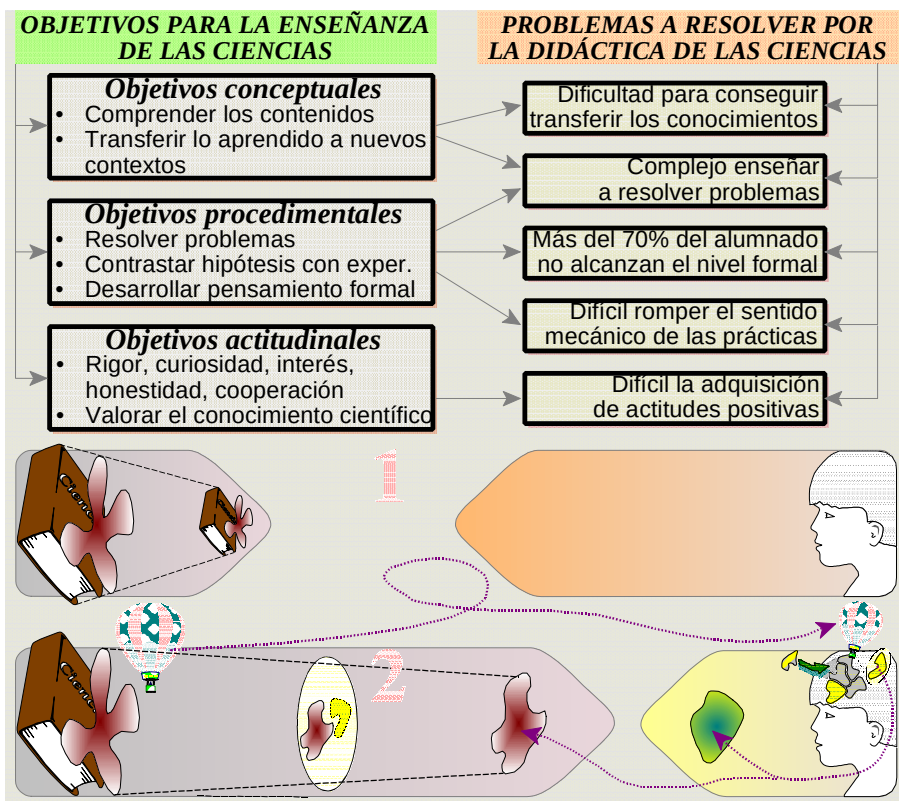
- **A nivel conceptual**, los objetivos más importantes hacen referencia a la comprensión de lo enseñado y, sobre todo, que el alumno sea capaz de transferir el conocimiento adquirido a nuevos contextos, y en concreto, que pueda utilizarlo en su entorno cotidiano.
- **A nivel procedimental**, cabe resaltar el 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.
- **A nivel 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 actitudes hacia la ciencia que se enseña, hacia los hábitos de higiene, hacia la conservación del medio ambiente son importantes de fomentar.

La práctica de clase han 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). Resulta paradójico que unos objetivos que se diseñan pensando en que la educación del alumno sea más completa y adecuada, también sean más difíciles de conseguir.

El problema reside en que se debería ser más realista diseñando las listas de metas educativas. No basta con que las intenciones de éstas y su utilidad sean altas, también es necesario contar con la disposición y nivel cognitivo del alumno 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 alumno de Educación Secundaria, es importante saber que 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 de 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 y que posea un conocimiento de tan alto valor intrínseco. La principal meta educativa es rigor 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 objetivo, racional y compartido.
- 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 intentará 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. Será 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.

La LOGSE (MEC, 1993) fomenta un tipo de enseñanza donde el conocimiento previo del alumno es muy considerado. Por el contrario la ley de calidad de enseñanza que viene parece poner mayor énfasis en los criterios disciplinares en detrimento del conocimiento del alumno.

2. DE UNA ENSEÑANZA DE CIENCIAS INTUITIVA A UNA FUNDAMENTADA. MODELOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

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 se hablan 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.

Subyace en la anterior creencia otra que se podría formular así: "aprender es fácil, basta que el profesor enseñe de acuerdo con la lógica de su disciplina". Esta creencia lleva 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 DC 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 tan antagónicos.

La DC es un nuevo cuerpo de conocimientos formado por docentes e investigadores preocupados por mejorar la enseñanza de las ciencias. Poco a poco 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 DC 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 2. 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 estructurada la 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

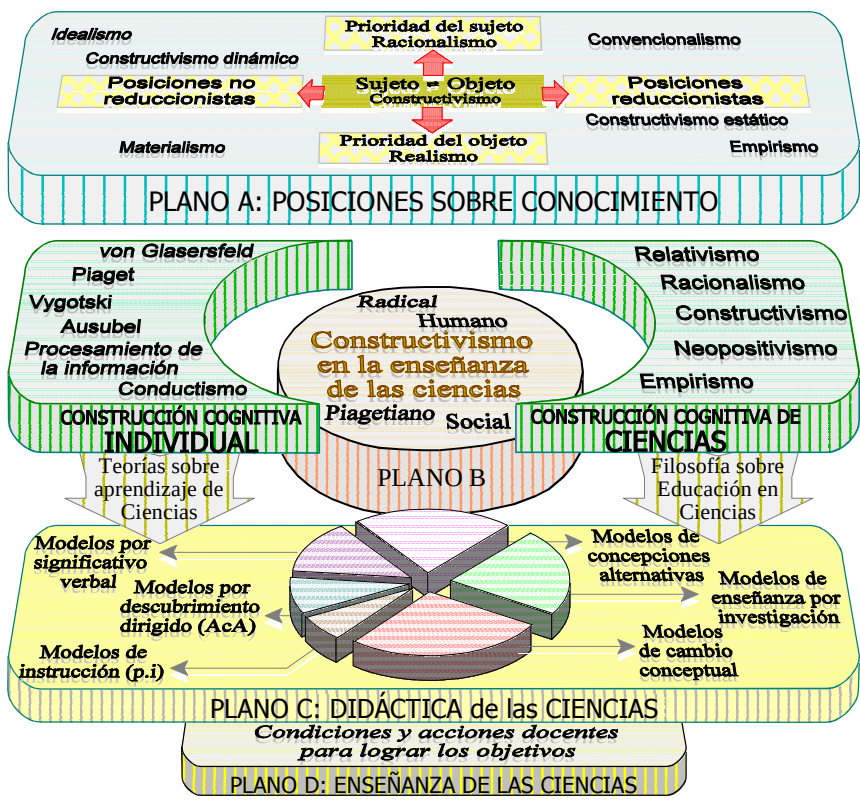
entramado conceptual que profesan, pero que determinan y configuran la actividad del ámbito de la *Didáctica de las Ciencias*.

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 permite saber qué se lleva entre manos.

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:

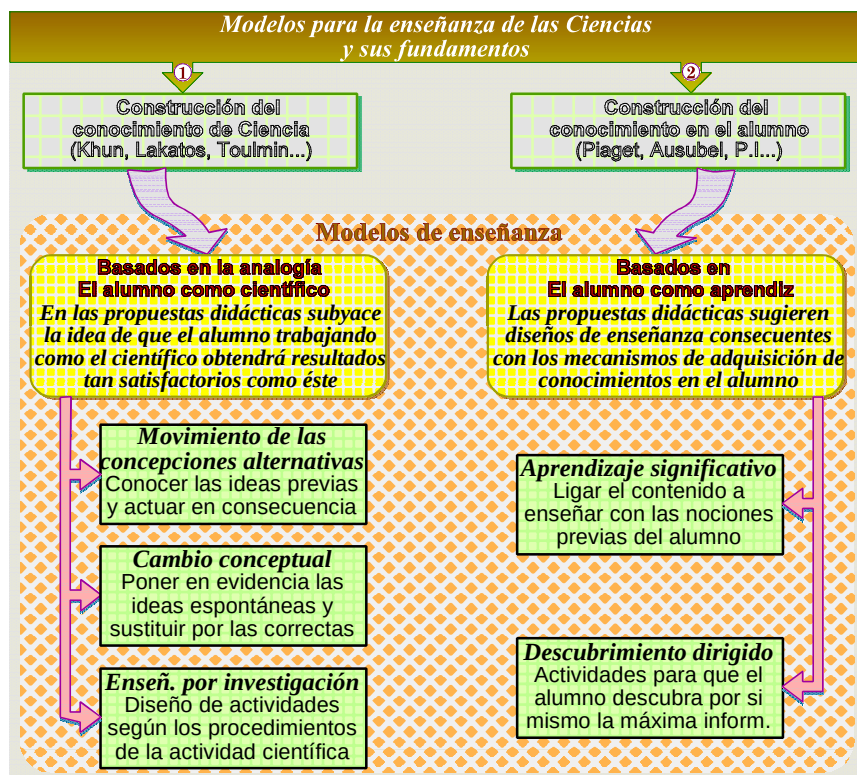
Por encima y próximo al plano de enseñanza (D), se extiende el *plano de las propuestas didácticas y líneas de investigación de la Didáctica de las Ciencias* conformado por un conjunto de contenidos cuyo denominador común es la búsqueda de soluciones para resolver los problemas que se generan en el plano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

En un intento de ir más allá de la práctica usual de la clase de ciencias claramente enmarcada en lo que se ha denominado modelo de enseñanza tradicional, se han realizado multitud de propuestas didácticas que se pueden dividir en tres categorías según su envergadura:

- ***Propuestas curriculares.*** Se refieren a amplios proyectos o sistemas educativos que abarcan todos los conocimientos disciplinares y distintos niveles educativos. Por ejemplo, la LOGSE contiene un planteamiento general sobre lo que debe ser la educación en coherencia con las características de la sociedad donde se va aplicar. Usualmente, las propuestas curriculares para cada disciplina, como para el caso de las ciencias, contienen 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 para desarrollar la clase.

- **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 alumnos, entre estos y entre estos 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 que anuncian de superar las limitaciones de la enseñanza tradicional pero presentan claras diferencias entre ellos. 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. Este 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 pesar de la complejidad de las entidades que se pretenden agrupar, se puede valorar la bondad de esta clasificación mostrando que existen características relevantes que son compartidas por los modelos de un grupo y, a la vez, son opuestas a las que caracteriza el otro grupo y que tal clasificación recoge la totalidad de modelos propuestos en DC. La fractura existente entre conocimientos contruidos socialmente e individualmente permitirá mantener el carácter disjuncto de estos grupos. Además, se puede apreciar la utilidad de esta clasificación mostrando que algunas de estas características son limitaciones del primer grupo de modelos relacionadas con la enseñanza de las ciencias que pueden ser suplidas por las posibilidades didácticas del otro grupo y viceversa.

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

A comienzos de la década de los 80 se percibe que los fundamentos de la analogía "*el hombre de la calle como científico*" (Kelly, 1955) podrían igualmente servir de soporte para los nuevos materiales y planteamientos didácticos confeccionados hasta el momento sobre enseñanza de las ciencias y que estaban huérfanos de contexto teórico (Solomon, 1994; Marín, Solano y Jiménez Gómez, 1999; Gil, Carrascosa y Martínez Terrades, 2000). El traslado de las ideas de Kelly a la clase de ciencias dio lugar a lo que se ha venido denominando analogía de "*el alumno como científico*" (Driver, 1983; Claxton, 1994; Solomon, 1994; Marín, 1996; Duit, 1999). Se usará el acrónimo *AcC* para hacer referencia a los modelos para la enseñanza de las ciencias basadas 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, 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 oponer (después será más apropiado decir complementar) otro modo de afrontar los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias desde perspectivas más cercanas al alumno que construye su conocimiento y que vamos a denominar, parafraseando, 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 se 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.

3. 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. Las más frecuentes son:

A1) El conocimiento de ciencias ofrece una imagen exacta o, al menos, la más exacta de la realidad. También se percibe la ciencia como saber absoluto, o al menos, el conocimiento más verdadero posible que se posee sobre el mundo que nos rodea.

A2) La ciencia como saber descontextualizado y acabado sin vinculación con los problemas que lo originaron.

A3) La ciencia crece por acumulación de conocimientos extraídos por inducción desde la observación detenida y detallada de la naturaleza.

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) *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. Cuando 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 mucha frecuencia se produce un divorcio muy acusado entre las metas y motivos del profesor y de los alumnos, 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).

4. 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* (serie 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.

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 (empirismo) o al sujeto (racionalismo).■ Asumen correspondencia entre realidad y conocimiento (realismo). Idealismo.■ Reduccionistas como el mecanicismo 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 (Inductivismo), leyendo por observación las leyes naturales (empirismo), no inventando teorías para interpretar(ateórica).• Ofrece la imagen la más exacta o más verdadera de mundo que nos rodea por lo que no cambia (absolutismo, acabada y dogmática).• Obvia los problemas de la época que pretendía resolver y los cambios históricos de problemas y soluciones (aprobemática, ahistórica y descontextualizada).	<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 empirismo, y la actividad racional sin caer en racionalismo extremo 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 (visión acumulativa o de crecimiento lineal).• Existe un método tal que seguido con rigor, da siempre buenos resultados (visión rígida y algorítmica). Olvido de logros al azar, idea alocada, tortuoso camino del investigador...• Fruto de personas con facultades singulares o genios solitarios (visión individualista o elitista). 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.

- 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 (v. **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 la 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*).

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* (*v*) y, a la vez, se percibe como importante la actividad racional sin caer en el *racionalismo extremo* (*v*) 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* (*v*) que toma la ciencia como el saber más verdadero.

5. DIFERENCIAS ENTRE EL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS Y EL DEL ALUMNO

En el ámbito de la DC existen dos tendencias al comparar el conocimiento de ciencias y el del alumno:

- La más difundida resalta las *analogías* entre ambos conocimientos. Este modo de proceder se ha denominado analogía o metáfora de "*el alumno como científico*" (Solomon, 1994; Claxton, 1994; Marín, Solano y Jiménez Gómez, 1999; Yang, 1999).
- La menos difundida resalta las *diferencias* entre el conocimiento de ciencias y el del alumno, para hacer notar que las analogías entre ambos disminuyen al profundizar en el tema. Por tanto, sería conveniente revisar los modelos para la enseñanza de las ciencias que parten de éstas (por ejemplo, Reif y Larkin, 1991; Pozo, 1999).

Siguiendo esta última tendencias, en efecto las analogías entre conocimiento de ciencias y del alumno se perciben superficiales apenas se profundiza en los detalles sobre como son contruidos uno y otro (Claxton, 1994). Se puede caracterizar estas diferencias en cuatro aspectos relevantes:

- ***Soporte físico.***

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.

- ***Contexto donde se construye el conocimiento***

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). Como en otros conocimientos, no hay límites para hacer construcciones cognitivas, pero la ciencia se distingue por el segmento material (físico-natural) de la realidad con el que interactúa y por la dinámica de confrontación 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 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.

• ***Modos de adquisición y de construcción cognitiva***

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 donde interviene de forma decisiva la comunidad de expertos. No cabe duda de que la construcción del conocimiento de ciencias es eminentemente social. La formación del investigador, su producción en el seno de grupos de investigación, la incorporación de las aportaciones individuales, las motivaciones e intereses para delimitar problemas, la aplicación del conocimiento de ciencias, etc., son procesos claramente sociales. Sin embargo, esto no es argumento suficiente para no considerar las diferencias entre la fase individual y colectiva.

En la *fase individual*, 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 por reestructuración débil 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 perturbación cognitiva que lleva al experto a continuas *reestructuraciones fuertes* que dan oportunidad a desarrollar un potente

pensamiento hipotético deductivo que lo generaliza a los más diversos contextos cognitivos.

En la *fase colectiva*, 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).

- ***Carácter y diferencias del conocimiento construido***

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

Diferencias sobre aspectos específicos del conocimiento vinculados a fenómenos físicos-naturales. La ciencia, al ser un conocimiento socialmente compartido por una comunidad de expertos, requiere ser registrada en diferentes soportes de un modo declarativo mediante símbolos aceptados y consensuados por la comunidad (verbales, matemáticos, gráficos, etc.). A fin de evitar confusiones, se reduce al mínimo el margen de tolerancia del significado de los conceptos precisándolos lo más posible mediante una organización conceptual con una coherencia interna alta y que en buena medida se puede asimilar a la lógica de clases (Pozo, 1989; Marina, 1998). La precisión y consenso conceptual se extrema puesto que se espera de este conocimiento que sea útil y eficaz para resolver problemas del ámbito económico y social donde tiene adquiridos fuertes compromisos y responsabilidades.

Este esfuerzo por construir un conocimiento altamente coherente, además de actuar sobre el entramado conceptual, se procura mantener también entre las partes que integran el cuerpo de ciencias y entre éstas y las confrontaciones empíricas.

El conocimiento del alumno no se desarrolla en un contexto de tanta exigencia cognitiva por lo que el grado de coherencia interna es menor que el de ciencias. 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.

	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 escenario cotidiano surge un conocimiento eficaz para los problemas cotidianos pero corto en el escenario académico . Ambos conocimientos presentan pocos vínculos pues se adquieren de modo diferente.	El escenario de ciencias 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 la fase de descubrimiento donde los tanteos del científico y del alumno se asemejan, en las demás fases de la construcción de ciencias (previa, comunicación, regulación social y justificación), predominan los procedimientos hipotético-deductivos.

Las diferencias más relevantes entre los aspectos específicos del conocimiento de ciencias y del alumno son:

- *A nivel cualitativo:* mientras el *conocimiento de ciencias* se expresa usualmente mediante un entramado conceptual altamente organizado y coherente, de modo que un concepto adquiere su significado por su posición y relación en la trama conceptual y se puede expresar a través de otros significantes, el *conocimiento del alumno* contiene una doble estructura cognitiva donde parte del entramado conceptual está fuertemente vinculado con el vivencial. Esto hace que en muchos contenidos cognitivos del alumno, lo conceptual, lo afectivo y lo sensomotriz esté fuertemente mezclado y que otros, contenidos implícitos, ni siquiera tienen vínculo con lo conceptual u otro tipo de significantes (Piaget, 1976; Karmiloff-Smith, 1994). 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 alumno sólo dan 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).

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.

En ciencias, los procedimientos varían según la fase constructiva de éste conocimiento en que centremos la atención. Las fases que conviene distinguir son las que siguen: 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 a la acción, c) fase de comunicación, d) fase de regulación social 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. Después, en la *fase de comunicación* no se suele reflejar todas las vivencias del investigador de 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 (Holton, 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 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 el producto individual, se produce 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 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.

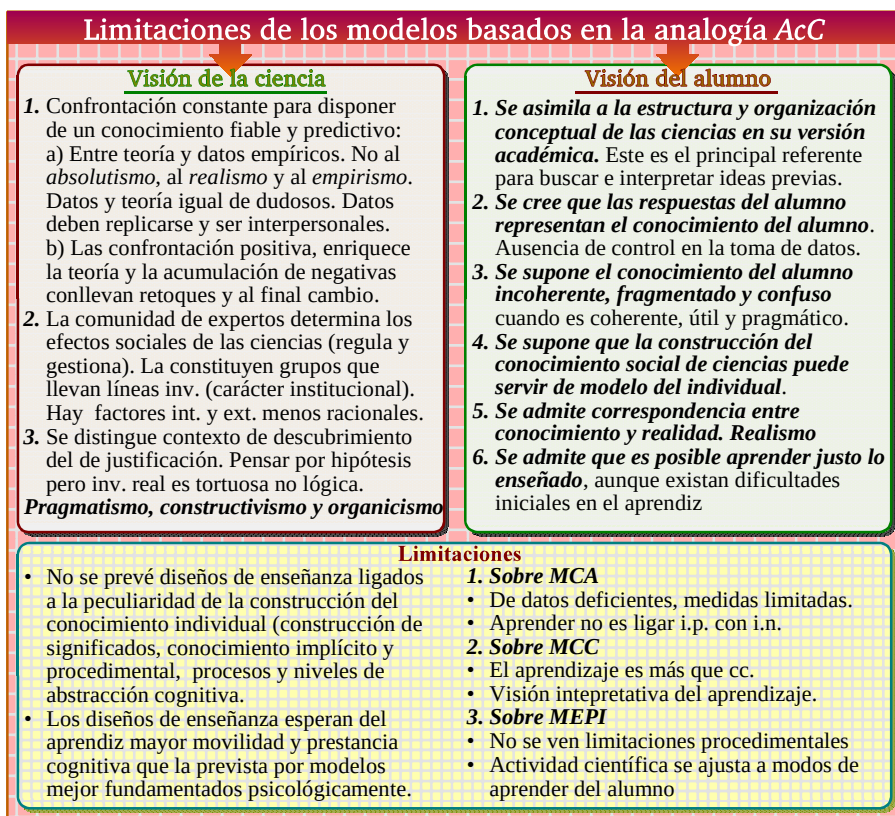
6. LIMITACIONES DE LOS MODELOS DE ENSEÑANZA BASADOS EN LA ANALOGÍA DEL "ALUMNO COMO CIENTÍFICO"

Mientras que la visión que mantiene 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 sesgada del conocimiento del alumno.

Limitaciones generales de los modelos *AcC*:

- 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 la que reflejan los resultados académicos u otros modelos mejor fundamentados psicológicamente.
- 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. Por ejemplo:



- La toma de conciencia de las estructuras cognitivas implícitas características del conocimiento cotidiano del alumno.
- Los procesos de abstracción reflexiva que permiten construir estructuras procedimentales.
- El modo de asignación de significados que subyacen en los procesos de comprensión o interpretación.
- La estructura y organización conceptual de las ciencias es un modelo deficiente de la estructura cognitiva del alumno, que es percibida más racional y declarativo

(Pintrich, 1999; Marina, 1998). La organización del conocimiento del alumno es una trama cognitivo y afectivo con contenidos procedimentales e implícitos no se pueden asimilar a la organización cognitiva de ciencias que es un entramado conceptual regida por una lógica de clases donde se busca coherencia y coordinación 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 esta 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 presenta limitaciones (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)

- La visión de cómo aprende el alumno se toma de modelos sobre la construcción social del conocimiento de ciencias. El aprendizaje no es un *cambio conceptual* y, además, existen diversos tipos de aprendizaje (Claxton, 1987; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Oliva, 1999; Marín, 1999). La mecánica de progreso de teorías y conceptos propuesta desde los modelos del contexto de justificación de ciencias (filosofía de las ciencias) es poco adecuada para entender el desarrollo cognitivo del alumno.
- 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 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 usan en la construcción social de ciencias si se tiene en cuenta las diferencias procedimentales entre unos y otros (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

7. 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**. Así que para analizar la *organización cognitiva* del sujeto es poco adecuado:

- ***Verla como una estructura conceptual o cuando no se percibe necesario considerar las diferencias cognitivas entre ciencia y alumno.*** Esto ha ocurrido:
 - En investigaciones sobre las concepciones del alumno donde es normal el uso de los contenidos disciplinares como principal referente para buscar e interpretar tales concepciones.
 - Para explicar el *aprendizaje significativo verbal o la reestructuración fuerte* donde se usa un modelo conceptual para entender la organización cognitiva del aprendiz.

POSICIONES Y MODELOS SOBRE EL APRENDIZ DE CIENCIAS	
POSICIONES MENOS ADECUADAS	
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>
	<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.
ORGANIZACIÓN	<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.
	<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.
APRENDIZAJE	<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.

La posición más adecuada señala que el sujeto posee, además de estructuras conceptuales, otros contenidos cognitivos, por ejemplo, los construidos por interacción personal con su entorno físico cotidiano. Estos 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).

• **Percibir un conocimiento incoherente, fragmentado y confuso** El conocimiento del alumno se ve devaluado al compararse con el académico. **Una posición adecuada percibe que el conocimiento busca la coherencia.** Esto 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.

• **Adoptar una actitud realista en trabajos sobre concepciones del alumno cuando:** a) no se toman medidas para compensar la parcialidad del investigador o b) existe ausencia de controles en la toma e interpretación de datos que evalúen su grado de fiabilidad o validez. 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, se verá como poco adecuado:

• ***Tomar modelos sobre la construcción social del conocimiento de ciencias para modelizar al aprendiz.*** Hay dos modos usuales de llevar esto a la práctica:

- Partiendo del supuesto de que los conflictos cognitivos que se dan en el progreso de las teorías de ciencias son similares a los que sufre el aprendiz de ciencias.
- Sugiriendo simular en clase la actividad de los grupos de investigación en el supuesto de que tales condiciones de enseñanza favorecen el aprendizaje.

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

• ***Las posiciones realistas que vinculan directamente enseñanza y aprendizaje.***

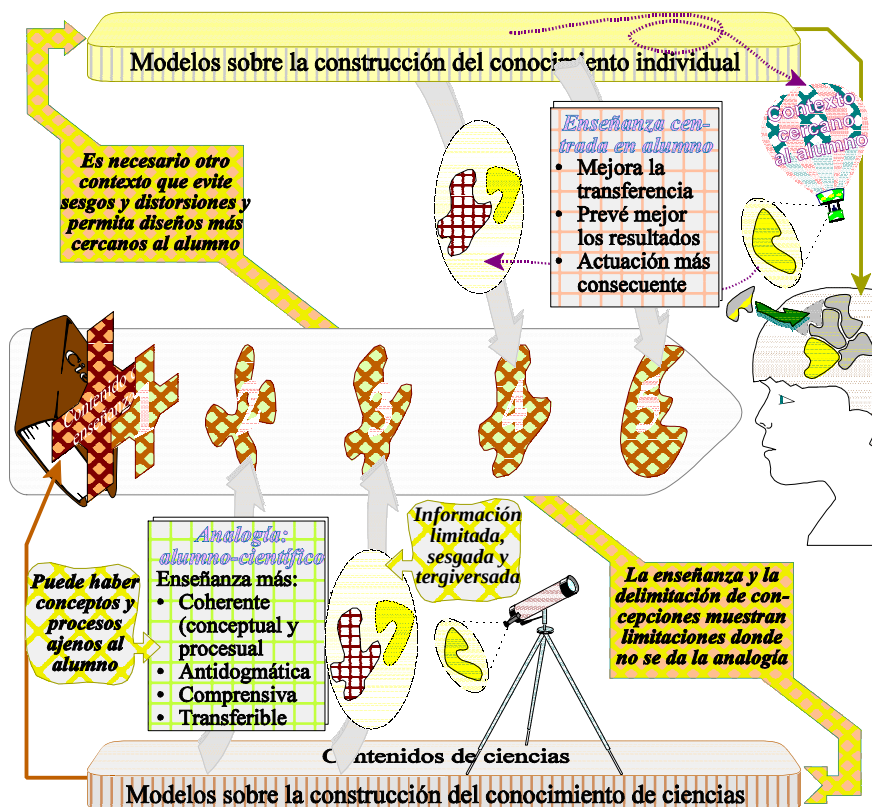
Estas se pueden apreciar cuando:

- Se admite que de un modo inmediato (visión directa) o mediado (visión interpretativa) se llega a conocer exactamente lo enseñado.
- Se asume isomorfismo entre actividades por investigación y aprendizaje del alumno.
- Se piensa que aprender se reduce a relacionar las ideas nuevas con las previas.

Es más adecuado pensar que existe ***una membrana entre conocimiento y realidad que impide trasvases***. Toda construcción cognitiva es interna. La flexibilidad de la membrana permite construir modelos del objeto cada vez más próximos pero sin alcanzarlo nunca. La existencia de la membrana impide: a) comparaciones o apropiaciones directas, b) asignación de significados desde el exterior ya que no van pegados a los significantes o c) establecer vínculos causales entre enseñar y aprender.

8. 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:



1. Utilizando la lógica del contenido científico se transforma este en otros "más sencillos" 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 coherente y bien estructurada con contenidos procedimentales y conceptuales.
- Evitar visiones deformadas de las ciencias.
- Lograr que el alumno adquiera 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 que evite estas deficiencias; este contexto se encuentra entre las teorías sobre como 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 éste 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.

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 de 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. Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J., Salinas, J.** (2002). La superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología: un requisito esencial para la renovación de la educación científica. 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).
- 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". *Curriculum*, 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 Organica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE)*. Madrid: BOE (31-12-93).
- 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). Motivacional 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., 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.
- 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).