

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN INFANTIL

NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN INFANTIL

NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ

PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Almería, Septiembre'2005

PÁGINA 6 PARA ISBN Y DERECHOS

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN..... 9

**PARTE 1. LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS
EXPERIMENTALES EN EL CURRÍCULO DEL
MAESTRO**

1.1. La Didáctica de las Ciencias en Educación Infantil..... 13

1.1.1. ¿Qué ciencia enseñar en Educación Infantil?... 14

1.1.2. Nociones básicas para entender mejor los problemas
de la enseñanza de ciencias. 17

1.1.3. De una enseñanza de ciencias intuitiva a una
fundamentada..... 22

1.1.4. Nociones y posiciones básicas sobre conocimiento..... 28

1.2. La formación del maestro como docente de ciencias..... 36

1.2.1. El modelo tradicional para la enseñanza de las ciencias. 38

1.2.2. Creencias del futuro docente de ciencias..... 44

1.2.3. Opciones para la formación del futuro docente de
ciencias..... 46

PARTE 2. MODELOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

2.1. Modelos fundamentados en la construcción del conocimiento de
ciencias..... 51

2.1.1. Modos de entender el conocimiento de ciencias. 52

2.1.2. La construcción del conocimiento de ciencias..... 55

2.1.3. Modelos de enseñanza basados en la analogía del “alumno como científico”	67
2.1.4. Limitaciones de los modelos de enseñanza basados en la analogía del “alumno como científico”	72
2.2. Modelos fundamentados en la construcción del conocimiento del alumno.	79
2.2.1. Modos de entender el conocimiento del aprendiz de ciencias.	80
2.2.2. La construcción del conocimiento del aprendiz de ciencias.	83
2.2.3. Modelo por descubrimiento dirigido basado en el “ <i>alumno como aprendiz</i> ”	89
2.2.4. El conocimiento del niño de educación infantil.	103
BIBLIOGRAFÍA	127

INTRODUCCIÓN

GÉNESIS, ESTRUCTURA Y MÉTODO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- La **primera parte** muestra el tipo de enseñanza de ciencias que se pretende promover y sus ventajas respecto al que es usual en clase de ciencias. Éste mismo tipo de enseñanza ha inducido en el aspirante a docente de ciencias unas creencias poco adecuadas sobre cómo enseñar. Todo lo cual sugiere que el camino más lógico para la formación futuro docente sea partir de estas creencias e intuiciones didácticas, hacerle consciente de que las posee, para ir poco a poco cambiándolas por otras habilidades didácticas más fundamentadas y eficaces que serán las que se fomenten en la segunda parte del libro.

- La **segunda parte** presenta una serie de modelos de enseñanza para las ciencias. De cada modelo se expondrán sus fundamentos, posibilidades didácticas y limitaciones para la enseñanza de los diferentes contenidos de ciencias.

Esta segunda parte contiene una aproximación al conocimiento del alumno de Educación Infantil en el supuesto que el futuro docente de ciencias será tanto más eficaz en su tarea en la medida que disponga de una visión lo más aproximada posible de este conocimiento. Esta aproximación parte del marco creado por las visiones más adecuadas para entender el conocimiento una vez que se han contrastado con aquellas que son menos adecuadas, tanto del conocimiento de ciencias como del alumno. Después, el marco es precisado conociendo más de cerca el nivel cognitivo del alumno de infantil y fomentando habilidades para realizar cuestionarios que sondeen con tacto el conocimiento del alumno.

La estructura lógica del libro pretende ser extremadamente sencilla:

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



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

Entender inicialmente esta estructura lógica básica ([-,-], [+,-], [+,-]) es clave para comprender con menor esfuerzo los diferentes contenidos del libro. También ayudará a una mayor familiaridad, conocer los acrónimos más usuales que aparecen en el libro:

ACRÓNIMOS MÁS USUALES		
ACRÓNIMO	TÉRMINO	DEFINICIÓN
DCE	Didáctica de las Ciencias Experimentales	Ámbito de conocimiento que aborda los problemas sobre qué ciencia enseñar y cómo hacerlo, intentando dar soluciones fundamentadas
AcC	Alumno como científico	Propuestas para enseñar ciencias cuya idea central es: cabe esperar mejor comprensión si se enseña acorde a como se construye el conocimiento de ciencias
AcA	Alumno como aprendiz	Propuesta para enseñar ciencias acorde con las dificultades que el alumno pone de manifiesto para aprender los diferentes contenidos de ciencias
CTS	Ciencia, técnica y sociedad	Entre CTS existen fuertes relaciones que sugieren una enseñanza de las ciencias más comprometida con lo que habría que enseñar al alumno y el modo de hacerlo

PARTE 1

LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES EN EL CURRÍCULO DEL MAESTRO

1.1. La Didáctica de las Ciencias en la Educación Infantil

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

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

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

La **DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES** es el ámbito donde se buscan nuevas vías de enseñanza como alternativa a la enseñanza tradicional.

1.1.1. ¿Qué ciencia enseñar en educación infantil?

La visión egocéntrica, sincrética y poco diferenciada que tiene el niño de infantil del medio natural no aconseja mantener una enseñanza formal de los contenidos de ciencias por muy sencillos que se puedan presentar. Será suficiente con intentar fomentar su curiosidad por fenómenos naturales sencillos, despertar cierta actitud empática hacia el medio natural que lleve a su respeto y conservación o crear algunos hábitos de limpieza hacia sí y el entorno, en definitiva, se trataría de enriquecer su

conocimiento con actitudes, procedimientos y nociones que le permitan una mejor comprensión y actuación sobre el medio natural.

En este primer encuentro del alumno de infantil con contenidos del medio natural habría que dar algunas prioridades generales, por ejemplo:

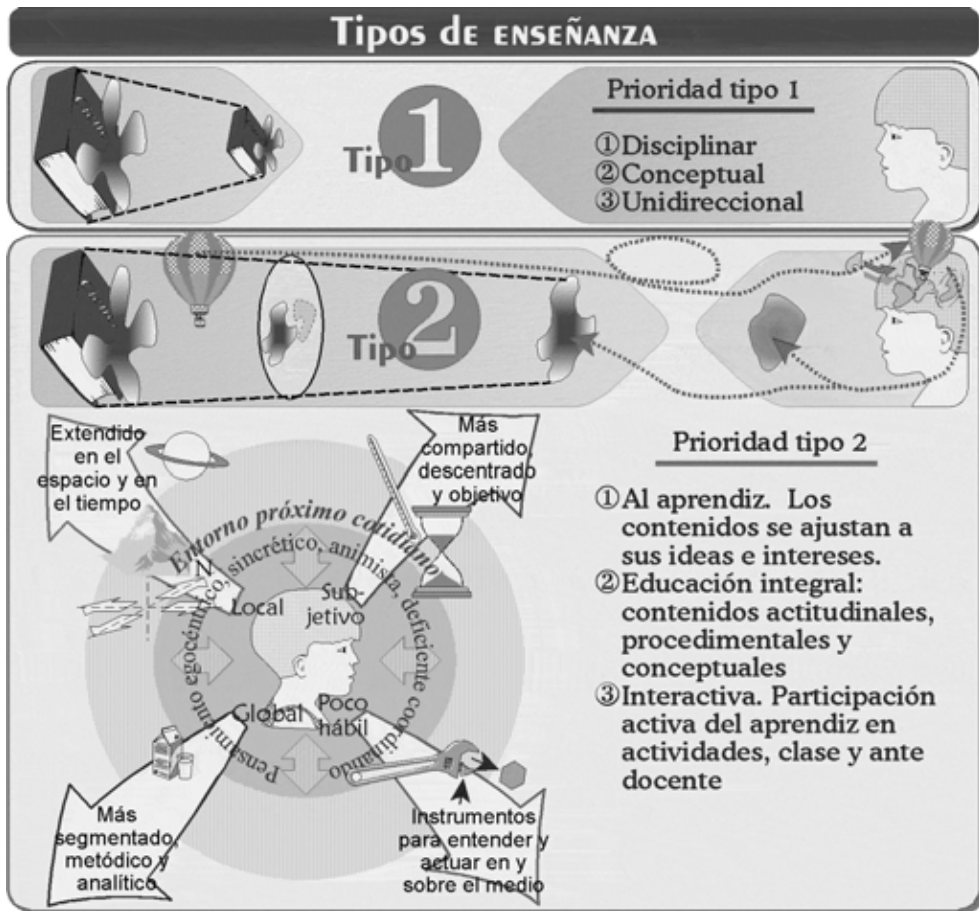
- Prioridad del conocimiento del niño sobre el de ciencias, esto sugiere que ni es prioritario llevar al niño al conocimiento de ciencias ni llevar las ciencias al niño, sólo se trata de partir de su conocimiento para hacerlo más objetivo, compartido, analítico, más extensivo o más hábil usando para ello ideas sencillas de ciencias que estarán entrelazadas con otras del ámbito social, lingüístico o matemático.
- Prioridad a las actitudes sobre otros contenidos de enseñanza. El vínculo entre el aprendizaje y la actitud positiva del aprendiz es aún mayor en los niños de infantil. La estimulación de actitudes positivas hacia el medio natural deberán de preceder cualquier adquisición de habilidades o ideas pues de lo contrario, es probable que el niño no esté interesado en aprender.

Los expertos en educación en ciencias suelen establecer 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 la actualidad se *demandan nuevos retos educativos para la enseñanza de la ciencia* (MEC, 1993; Marín, 1997; Longbottom y Butler, 1999; Furió, Vilches, Guisasola, y Romo, 2001; Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002; Maiztegui y otros, 2002; Martín Díaz, 2002; Maiztegui y otros, 2002) que se pueden sintetizar, para enseñanzas no universitarias, en dos:

- Elección de contenidos académicos de ciencias en función de su utilidad para el individuo y para la sociedad donde vive y no tanto por el supuesto valor que posea el contenido por sí mismo.
- El alumno debe adquirir conocimientos de ciencias para que los pueda transferir y utilizar en su entorno a fin de comprenderlo mejor, actuar de un modo más autónomo y como forma de participar más activamente en una sociedad con intención de promover valores democráticos.

Estas metas educativas son también coherentes con la visión que promueve la perspectiva **CTS**. Esta visión de la educación en ciencias subraya especialmente las relaciones de la ciencia con la tecnología y la sociedad, *“propicia la contextualización social de los contenidos científicos y tecnológicos, analiza los impactos sociales que provocan la ciencia y la tecnología en la sociedad y promueve la posibilidad de una participación responsable, bien informada y con fundamentos, de los ciudadanos en las políticas científicas y tecnológicas para un desarrollo más justo y sostenible, así como la toma de decisiones democráticas sobre estos importantes asuntos de interés público, como pueden ser las decisiones relativas a*

la preservación del medio ambiente en todos los órdenes” (Acevedo, Manassero y Vázquez, 2002).



No obstante, si el diseño de la enseñanza de ciencia actual centra su preocupación en supuestos beneficios para el alumno, también es cierto que la dificultad que tiene éste para asimilar los contenidos continúa siendo alta. Habría que ser más realistas diseñando listas de metas educativas. No basta con que las intenciones de éstas y su utilidad sean loables, también es necesario contar con la disposición y nivel cognitivo del alumnado si se quiere lograr los objetivos propuestos. Por ejemplo, se indica que el alumno **aprenda a hacer ciencia** aun cuando se sabe de la gran dificultad y las condiciones especiales de enseñanza para adquirir contenidos procedimentales (Lawson y otros, 1991; Roth, 1990; Shayer y Adey, 1993) o que **aprenda sobre ciencia** cuando se sabe que esto supone activar ciertos procesos metacognitivos que requieren construcciones cognitivas superiores a las de operaciones formales

(Karmiloff-Smith, 1994). *Es paradójico que se proponga facilitar el aprendizaje de conceptos usando procedimientos propios de los científicos cuando lo más difícil es aprender estos procedimientos.* Los que proponen metas para la educación científica deberían considerar más las dificultades de aprendizaje del alumno.

Así pues, para que termine siendo útil al alumno lo que se le enseña es importante tener en cuenta qué es lo que es capaz de aprender. En consecuencia, las metas educativas deben establecerse considerando criterios disciplinares, pero también, considerando las ideas previas del aprendiz, su nivel cognitivo y su modo de aprender (Jiménez Aleixandre y Sanmartí, 1997). Por ejemplo, antes de proponer qué debe aprender el alumnado de Educación infantil, es importante saber que la mayoría están en el nivel preoperacional (Piaget, 1977b; Shayer y Adey, 1984).

Si se entiende la *enseñanza de las ciencias* como un esfuerzo para acercar el conocimiento de ciencias al que posee el alumno, se puede precisar varios modos de enseñanza según el peso que se dé a cada conocimiento:

1.1.1.1. Prioridad al conocimiento de ciencias.

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

1.1.1.2. Prioridad al conocimiento del alumno.

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

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

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

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

El punto de vista que se adoptará en **DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS** se enmarca en la segunda opción.

1.1.2. Nociones básicas para entender mejor los problemas de la enseñanza de ciencias

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

La *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (se referirá con el acrónimo DCE) es un ámbito de conocimiento que tiene por objeto de estudio los problemas vinculados a la enseñanza de las ciencias experimentales (Física, Química, Geología y Biología). Como disciplina, sus contenidos pretenden formar a los futuros profesores de ciencias. En concreto, esta disciplina participa en la formación de los futuros maestros aportando, entre otras cosas, orientaciones didácticas específicas para mejorar la enseñanza de las ciencias.

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

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



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

1.1.2.1. Distinción entre enseñar y aprender

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

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

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

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

A. *Diferencias entre significado y significante*

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

En clase, para enseñar el profesor usa significantes y lo que le llega al alumnado son estos mismos pero no los significados. Éste asigna sus propios significados a los significantes que le llegan en función de sus conocimientos previos. Investigaciones sobre el tema han mostrado que el cómo se dice tiene tanta importancia o más que el qué se dice (Watzlawick, 1997). Por último saber que la adquisición del significado de cualquier contenido de enseñanza es una cuestión de grados. Pensar que se puede adquirir la totalidad del significado no es lo más adecuado. Siempre se puede aprender más de cualquier cosa y esto es cierto tanto para el alumno, como para el experto científico.

B. *Diferencias entre exposiciones y adquisiciones lineales y no lineales*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- Los *contenidos de ciencias* pertenecen al cuerpo de conocimientos de las ciencias y son los que sirven para formar a nuevos científicos, los cuales a su vez realizan nuevas aportaciones que se pueden incorporar al cuerpo de conocimientos si pasan por los filtros de la comunidad de expertos de ciencias y demuestran su utilidad.
- Los *contenidos objeto de enseñanza* son los que se enseñan al alumno. Su referente y punto de partida son los contenidos de ciencias que se acondicionan para ser suministrados en el contexto académico de clase. Acondicionarlos supone hacer

versiones que puedan ser asimiladas por el alumno. Muchos autores denominan a este acondicionamiento *transposición didáctica* (Jiménez Aleixandre y Sanmartí, 1997).

- Los *contenidos adquiridos por el alumno* serían lo que queda de los contenidos anteriores (contenidos objeto de enseñanza) una vez que han sido filtrados y asimilados por los conocimientos previos del alumno. Puede quedar sólo memorización, una cierta comprensión o quizá una integración a sus conocimientos previos. Todo dependerá del contenido y método de enseñanza, del nivel cognitivo y de la actitud del alumno para aprender. De cualquier modo se puede afirmar que los significados que se enseñan no son los que se aprenden.

1.1.2.4. Distinción entre lo declarativo, procedimental y actitudinal

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

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

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

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

1.1.3. De una enseñanza de ciencias intuitiva a una fundamentada

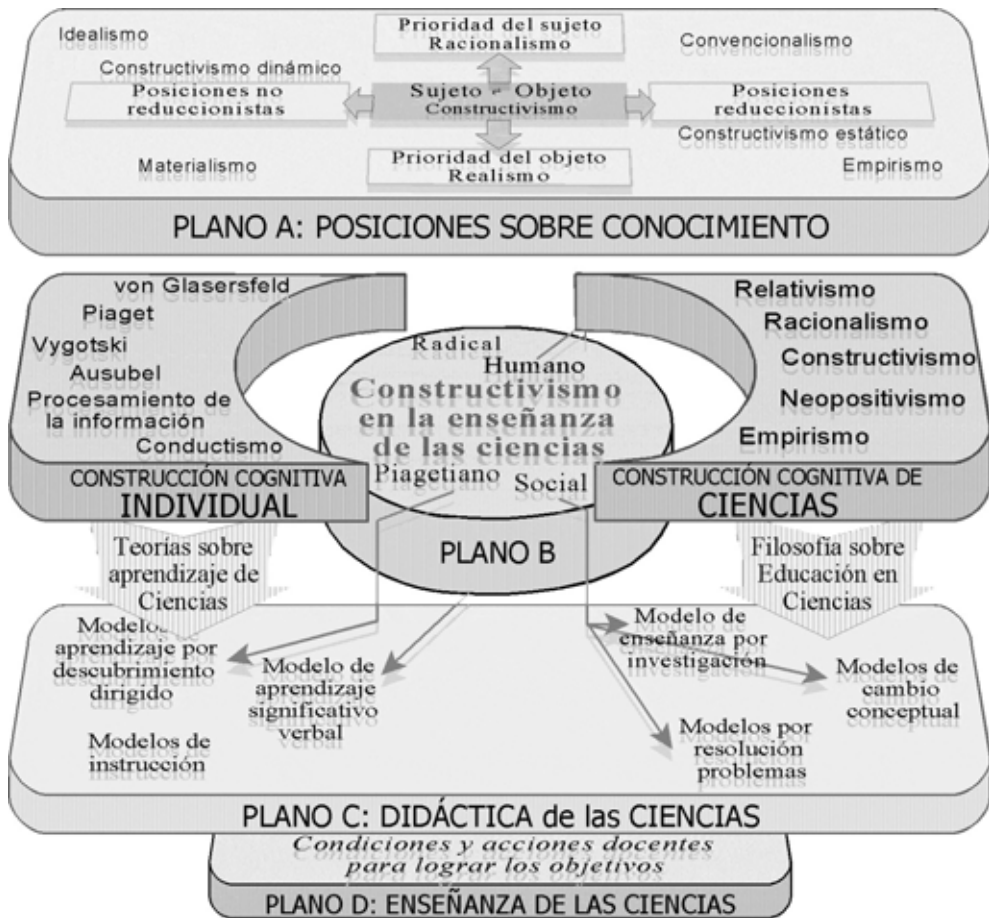
Es usual creer que un buen profesor de ciencias es quien posee un buen conocimiento de ciencias, sin embargo, no es raro ver a un profesor que sabe mucho pero su enseñanza no es comprendida por sus alumnos y, al contrario, un docente que sabe menos de la materia y sus alumnos comprenden bien sus explicaciones.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

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

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

La DCE es un nuevo cuerpo de conocimientos formado por docentes e investigadores preocupados por mejorar la enseñanza de las ciencias. Poco a poco, partiendo de esta preocupación básica han ido construyendo un conjunto de conocimientos compartidos para desarrollar modelos de enseñanza bien fundamentados que mejoran sustancialmente el modo usual de enseñar.

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



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

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

siguiente) muestra el contenido del plano A organizado según sean posturas más y menos adecuadas.

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

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

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

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

Plano C: Por encima y próximo al plano de enseñanza (D), se extiende el *plano de las propuestas didácticas y líneas de investigación de la Didáctica de las Ciencias* conformado por un conjunto de contenidos cuyo denominador común es la búsqueda de soluciones para resolver los problemas que se generan en el plano inferior. Las concepciones del alumnado, su nivel cognoscitivo, la evaluación de la eficacia de propuestas didácticas, la resolución de problemas, la formación de profesorado, etc., son líneas de investigación que delimitan este plano.

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

- **Propuestas curriculares.** Se refieren a amplios proyectos o sistemas educativos que abarcan todos los conocimientos disciplinares y distintos niveles educativos. Por ejemplo, la LOGSE o la LOCE contienen un planteamiento general sobre lo que

debe ser la educación en coherencia con las características de la sociedad que se pretende forjar. Usualmente, las propuestas curriculares para cada disciplina, como para el caso de las ciencias, abarcan los siguientes elementos: metas educativas, objetivos de enseñanza, metodología, contenidos y evaluación. Es un concepto más amplio que el de modelo de enseñanza que básicamente se refiere a la metodología.

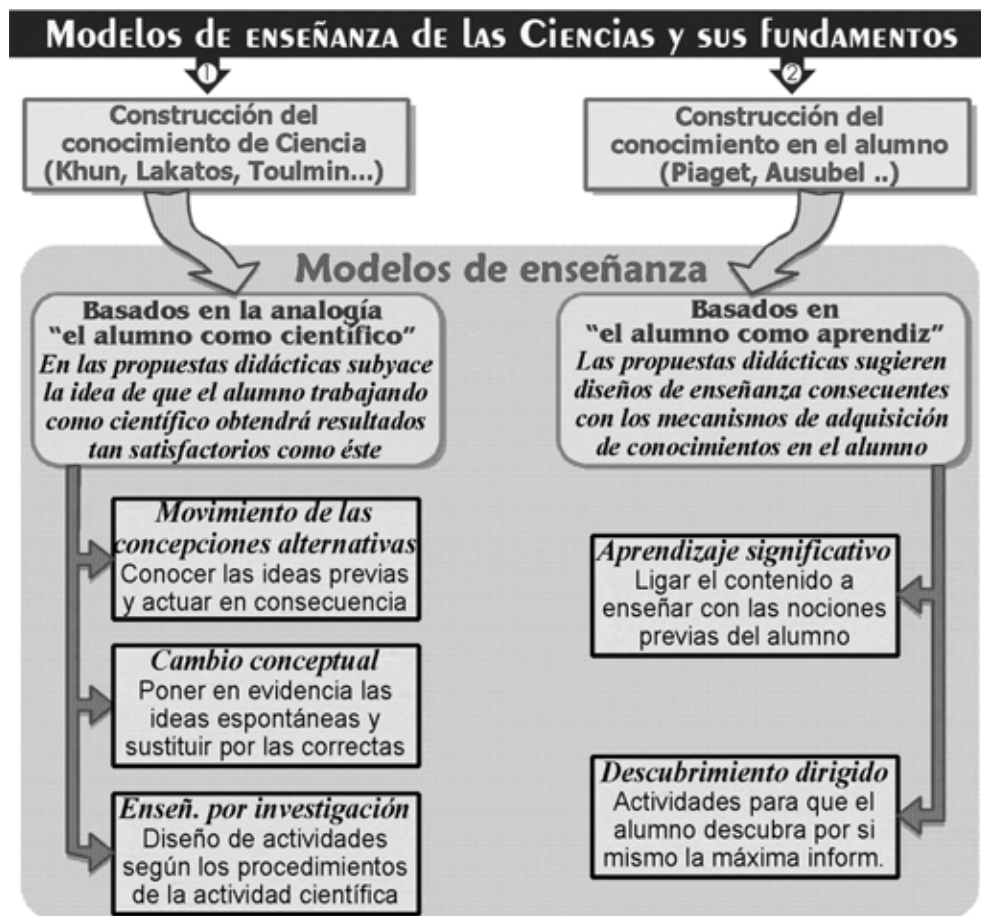
- **Modelos de enseñanza.** Es una propuesta genérica para enseñar diferentes contenidos de ciencias. Contiene sugerencias para estructurar, organizar y secuenciar las clases de ciencias. En concreto, especifica el tipo de interacción entre profesor y alumnado, entre los alumnos y entre éstos y las situaciones didácticas de clase asociadas al contenido a enseñar. Cada modelo tiene una relación de subordinación con algún cuerpo teórico que sirve de apoyo o fundamento. A partir de éste se puede deducir buena parte del modelo y muchas de las tomas de decisiones racionales que contiene. Los cuerpos teóricos se refieren a modelos sobre la construcción del conocimiento de ciencias, a una teoría de aprendizaje o ambas cosas a la vez. Más o menos explícito, a todo modelo se le puede asignar una determinada posición epistemológica.
- **Técnicas y recursos específicos del contenido.** Se refieren a situaciones y materiales concretos que pueden ser usados eficazmente para enseñar un determinado contenido de ciencias. Por ejemplo, manipular un modelo del sistema solar, utilizar un franelograma para el ciclo del agua o usar diversas palancas para simular la acción de los músculos. Es una noción más concreta que la de modelo de enseñanza.

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

- Modelos de enseñanza que se fundamentan en algún aspecto de la construcción del conocimiento de ciencias. Las disciplinas usadas para estos modelos son la Historia y la Filosofía de las Ciencias. Estos modelos comparten un tratamiento de la cognición del alumno semejante que se perfila desde las construcciones cognitivas hechas en el plano de ciencias, de ahí que la expresión “*el alumno como científico*” (AcC) sea la que mejor las sintetiza.
- Modelos de enseñanza que se fundamentan en alguna teoría sobre la construcción del conocimiento del alumno. 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.

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

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



- La *premisa* está constituida por argumentos que se toman de algún aspecto de la construcción del conocimiento de ciencias. Los más usuales son:
 - a) la historia de la ciencia bajo el supuesto paralelismo entre ideas científicas a lo largo de la historia e ideas del alumnado,
 - b) los mecanismos lógicos y epistemológicos propuestos para explicar el progreso de las teorías de ciencias y
 - c) las características de la actividad científica.

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

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

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

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

1.1.3.2. Modelos de enseñanza basados en el alumno como aprendiz

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

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

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

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

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

1.1.4. Nociones y posiciones básicas sobre conocimiento

No se puede entender la enseñanza de las ciencias en educación infantil si no es para enriquecer el conocimiento del niño en pos de mejorar su comprensión y actuación en el medio natural y tecnológico. Así planteado, el educador de infantil será tanto más eficaz en su tarea en la medida que disponga de una visión lo más aproximada posible del conocimiento de sus alumnos.

En esta aproximación a cuestiones sobre el conocimiento se pretende familiarizar al futuro docente con las diferentes posiciones y modelos que se han adoptado para entender el conocimiento. Una vez que se ha comprendido el significado de los diferentes términos “-ismos” relacionados con el conocimiento -“realismo”, “racionalismo”, “constructivismo”, “idealismo”, “objetivismo”, etc.- se podrá analizar con más detalle los dos conocimientos más relevantes de la educación científica: el del alumno y el de ciencias.

En efecto, los problemas relacionados con el conocimiento deben ser conocidos por el futuro docente por varias razones:

- Permite comprender mejor los principios y fundamentos que subyacen en los distintos modelos de enseñanza a fin de evaluar su alcance. Por ejemplo, el modelo de enseñanza tradicional contiene serias limitaciones, algunas de las cuáles se debe a la visión inadecuada que se mantiene del alumno y del conocimiento de ciencias. Claro está, si el futuro docente conoce esas visiones junto a otras que sí son más adecuadas, no sólo podrá analizar mejor los defectos del modelo tradicional sino tomar medidas didácticas fundamentadas para superar estos.
- Fruto de su interacción con el sistema educativo, el futuro docente posee creencias ligadas a la enseñanza de las ciencias, al conocimiento de ciencias y al aprendizaje de ciencias que le suponen notables restricciones en su actuación docente (Marín, 2003a). En parte, mejorar su docencia implica superar dichas creencias, o lo que es lo mismo, cambiar esas ideas arraigadas en su mente por otras más adecuadas para la enseñanza de ciencias. A esto se le suele denominar cambio epistemológico.

Analizar la naturaleza y formas de progreso del conocimiento de ciencias, así como la organización y modos de aprender del alumno, requiere un estudio previo de las diferentes posiciones y modelos que se han usado frecuentemente para entender el conocimiento. Las dos cuestiones básicas sobre el conocimiento que se van a analizar son:

- Para establecer relaciones entre el objeto conocido y el real ¿qué opciones se han manejado?
- ¿Cuáles son los modelos analógicos más usados para estudiar e interpretar el conocimiento?

1.1.4.1. Relaciones entre el objeto conocido y el real

Se entiende por objeto conocido -abreviadamente OC- lo que se conoce de un objeto determinado, la imagen que se tiene de él, mientras que objeto real -OR- se refiere al objeto que vemos o tocamos fuera del sujeto que lo conoce. Es usual pensar que OC y OR es lo mismo pero eso no es tan evidente como ahora se verá. La relación de OC con OR tiene mucho que ver con un problema más general que es objeto de análisis filosófico como es la relación del conocimiento del sujeto con su mundo externo. En la literatura se encuentra un abanico de posibilidades que, inicialmente, se van a agrupar en dos posiciones bien diferentes:

Posición a:

Es posible comparar el objeto conocido con su referente real, de forma que la distancia, si existe, se puede reducir. La distancia entre el objeto conocido y el real es posible estimarla y se puede tomar como criterio de verdad: el objeto que conocemos será tanto más verdadero cuanto más pequeña sea su distancia con el objeto real.

Posición b:

No es posible comparar el objeto conocido con su referente. Figurativamente se puede hablar de que existe una membrana que separa al sujeto de su medio. En este caso, habría que revisar la noción de verdad como distancia entre objeto conocido y real. Sería más oportuno hablar de ideas “más útiles, más eficaces, más adecuadas, más previsoras, más convenientes, más coherentes”, etc.

A primera vista parece que la posición (a) está más apoyada por la evidencia que la (b):



- Resulta relativamente fácil entenderse entre personas. Es posible negociar y llegar a acuerdos.
- El progreso tecnológico es posible gracias al acuerdo entre lo que conocemos y la realidad.

- Cuanto más nos ejercitamos, más precisión se logra en las acciones que llevamos a cabo en el medio (piénsese en el juego del tenis).

La idea o percepción del objeto que tengo delante ¿que otra cosa puede ser que el objeto mismo? La mayoría de la gente piensa de este modo (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Sin embargo, también existen evidencias que apoyan la posición (b):

- En ocasiones, personas que han vivido una misma situación (película, atraco, ovni) las describen o interpretan de forma muy diferente.
- Se sabe que percibimos la realidad de un modo muy limitado. Por ejemplo, sólo vemos una porción muy pequeña de lo que se podría “ver” y, de hecho, instrumentos especiales lo pueden detectar. Piénsese en la realidad que muestra los rayos X.
- Sobre cualquier cosa, siempre se aprende algo más. Por ejemplo, sobre un hecho histórico, un fenómeno físico, un accidente de tráfico, un hecho delictivo, una persona ... siempre es posible tomar nuevos datos.

No está muy claro qué opción es la más cierta o la más adecuada. En un intento de aclarar qué relación se puede establecer entre OR y OC, para cada una de las dos posturas anteriores se va a diferenciar dos opciones diferentes:

Posición a versión 1: El objeto que va construyendo el sujeto lo hace a través de una progresiva copia de las propiedades del objeto real.

Dicho de otro modo, la realidad es tal y como se ve y el conocimiento supone ir copiando esa realidad tal cual es. Los datos empíricos aportan información fiable de lo que es el mundo exterior. Es posible que el lego en la materia distorsione la observación de un fenómeno físico, pero esto no le ocurrirá al "experto" que observa cuidadosamente la naturaleza y sabe "leer" su mensaje. Así, el conocimiento se percibe como constituido por un retículo de asociaciones impuestas por las contingencias reales. En esta opción, no es que el conocimiento represente la realidad sino que es su copia. Se trata sin duda de una postura extrema que difícilmente se puede defender.

Posiciones semejantes las mantuvo el **CONDUCTISMO** para estudiar *el conocimiento del sujeto*. Éste aborda la fenomenología del conocimiento como una caja negra o modelo de "tábula rasa" donde la realidad externa va grabando el conocimiento. No se admite ninguna estructura interna para modelizar la mente del sujeto (Pozo, 1989). También para el estudio del *conocimiento de ciencias* el **EMPIRISMO** y el **INDUCTIVISMO** mantuvieron posiciones semejantes. La ciencia se percibe como una acumulación de conocimientos extraídos por inducción desde la observación detenida y detallada de la naturaleza (Chalmers, 1984).

Posición a versión 2: El sujeto, más que copiar la realidad, filtra y sesga, pero un buen método para comparar OR y OC puede acortar distancias entre ambos.

Los datos empíricos, aunque no exentos de error, aportan información fiable del mundo exterior. Un buen método para controlar los errores y comparar el objeto conocido con el objeto real permite establecer correspondencias cada vez más precisas.

Posiciones semejantes las mantiene el **PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN** para estudiar *conocimiento del sujeto* (Pozo y Scheuer, 1999). Tal movimiento, modeliza el conocimiento del sujeto admitiendo que posee una estructura interna con capacidad para procesar información a través de todo tipo de inferencias, distintos tipos de memorias, capacidad de atención, etc. Tal estructura puede distorsionar o no estar capacitada para un determinado aprendizaje, pero es posible lograr en condiciones óptimas (internas/externas) un conocimiento verdadero. También el **NEOPositivismo** las mantuvo para entender el *conocimiento de ciencias* cuando defendía que había que realizar un esfuerzo por encontrar la copia más fiel de la naturaleza. Esto es posible mediante el denominado *método científico*. El conocimiento se construye desde la experiencia sensible, pero es necesario verificarlo. Para lo cuál, se hace necesario el uso de un lenguaje lógico-simbólico que garantice inferencias deductivas correctas (Ferrater Mora, 1978; Sánchez Meca, 1996). De este modo, el neopositivismo ha mantenido que el conocimiento verificado de ciencias es el más exacto y verdadero de cuantos existen.

Posición b versión 1: No se puede comparar objeto conocido y real pero si se puede hablar de una progresiva aproximación en un sentido adaptativo.

No es posible conocer nada de la realidad del objeto en sí pero es posible afirmar que nuestro conocimiento progresa y está cada vez mejor adaptado al medio. Las interacciones que lleva a cabo el sujeto con el objeto no aportan información directa de éste pero sí que le permite construir un objeto conocido cada vez más próximo del real pero sin posibilidad de hacerlos coincidir, entre otras razones, por la imposibilidad de compararlos directamente.

Posiciones semejantes se encuentran en la teoría de la equilibración de Piaget para estudiar el *conocimiento del sujeto*. Y para estudiar el *conocimiento de ciencias*, la visión constructivista mantiene una posición semejante al percibir que el valor de un modelo no es algo intrínseco a él o está ligado a su grado de verdad sino a su utilidad y capacidad predictiva en el contexto de intereses y fines para el que fue inventado.

Posición b versión 2: No se puede saber si el objeto conocido representa al real y por tanto no se puede hablar ni siquiera de aproximaciones sucesivas.

La información que aporta la interacción sujeto-objeto no aporta nada sobre la realidad del objeto de forma que no es posible afirmar que nuestro conocimiento esté cada vez más próximo al real. La realidad es una caja negra para el sujeto que sólo se limita a organizar sus vivencias para que el mundo que le rodea le pueda resultar más útil, más cómodo y más eficiente. El organismo aprende tanto de las experiencias positivas como de las negativas, a partir de las cuales va encontrando regularidades y organizándolas en un esfuerzo continuo por evitar contradicciones.

Posiciones semejantes las mantiene el **CONSTRUCTIVISMO RADICAL** para estudiar el *conocimiento del sujeto*. Glasersfeld (1993) adopta una posición idealista al desplazar la caja negra, que el conductismo sitúa en el sujeto, a su entorno externo, hasta el punto de afirmar que el sujeto no interacciona con su medio (Vuyk, 1985). La **VISIÓN RELATIVISTA DE LA CIENCIA** propuesta por Feyerabend (1974) se asemeja también a esta posición cuando afirma que no se pueden establecer

criterios racionales para hacer comparaciones entre teorías de ciencias rivales, es más, los diferentes desarrollos de la ciencia en distintas partes del mundo muestra que ésta es muy dependiente de las culturas de las diversas zonas. El conocimiento de ciencias está tan impregnado de elementos no racionales (juicios estéticos y de valor, prejuicios metafísicos, anhelos religiosos, etc) como cualquier otro conocimiento tachado de no científico (astrología, objetos no identificados, supersticiones, creencias populares, religiones, etc) y no pueden ser descartados recurriendo a criterios de científicidad y racionalidad.

1.1.4.2. Modelos usados para estudiar el conocimiento

Ante un fenómeno desconocido o complejo es frecuente usar metáforas para comprenderlo mejor. La metáfora supone trasladar características, significados y/o relaciones de una entidad a otra. La metáfora aporta una visión o modelo que facilita el estudio e interpretación de la parcela de la realidad que es objeto de estudio. En el caso del conocimiento se han usado principalmente dos metáforas o modelos (Pozo, 1989; Botella, 1994):

A. El **MECANICISMO** interpreta la realidad usando la metáfora de la máquina (los fenómenos se reducen a movimiento y transmisión de fuerzas entre entidades físicas). Cualquier entidad real puede ser desmontada en las partes en que se compone, asumiendo que la suma de las partes es igual al todo (visión de la realidad como colección de sistemas cerrados). Además, la realidad puede ser explicada conociendo las relaciones de causa-efecto que existe entre las partes, asumiendo que éstas son simples y lineales (proporcionales). El mecanicismo antepone la necesidad causal al finalismo y el análisis cuantitativo a la especulación filosófica. Esto que se puede ver como virtud para estudiar los fenómenos físicos, supone un obstáculo para estudiar otros fenómenos más complejos, como por ejemplo los cognitivos, puesto que el mecanicismo es básicamente una postura reduccionista al intenta conocer o interpretar la realidad reduciendo lo complejo a lo simple (Sánchez Meca, 1996).

Dos modelos que muestran visiones simplificadas (reduccionistas) de la mente del aprendiz son:

- Modelos basados en la analogía la “*la mente como procesador simbólico*” del procesamiento de información y conexionismo (Pozo, 2003). La estructura cognitiva con la que el sujeto asigna significados y procesa información se reduce a un procesador de símbolos a través de reglas lógicas. Subyace la idea mecanicista de que desmontando el procesador, conociendo sus partes y las reglas de combinación de símbolos se puede comprender la actividad cognitiva.
- Modelos donde la estructura cognitiva se reduce a un entramado conceptual ligado por reglas gramaticales. Tales modelos donde los conceptos se relacionan mediante la lógica de clases son apropiados para entender conocimientos compartidos, como el de ciencias, pero no así los individuales. Estos modelos reducen los contenidos cognitivos procedimentales a sólo los sintácticos y, al obviar todo el material cognitivo implícito del sujeto, reducen la asignación de significados a la

combinación de conceptos mediante reglas gramaticales (como se hace en un diccionario). Existe una clara indiferenciación entre lo lógico y lo psicológico. Experiencias psicológicas sobre efectos prototípicos muestran que las categorías naturales quedan lejos de la lógica de clases (Marín, 2003b).

B. El **ORGANICISMO** interpreta la realidad como un organismo vivo donde las propiedades del todo no son igual a la suma de las de cada parte. Acercarse a la comprensión de un fenómeno supone estudiar dialécticamente el proceso de su evolución de modo que conforme aumenta su comprensión cambia el contexto de confrontación dialéctica entre partes, a la vez que éstas también van cambiando.

El conocimiento, como cualquier órgano, tiene carácter autorregulador. Esto significa que las construcciones cognitivas surgen de procesos de equilibración, tanto interior (evitando contradicciones) como exterior (evitando perturbaciones). Aunque la equilibración es creciente, el continuo desfase cognición-realidad lleva siempre a nuevos desequilibrios. Desde la perspectiva del propio sujeto, su conocimiento es coherente, útil y eficaz para responder a las usuales demandas de su entorno cotidiano. Otra visión será la que tome un observador externo.

Los principios de la teoría de Piaget son coherentes con la visión organicista del conocimiento.

1.1.4.3. Posiciones y modelos más adecuados para entender el conocimiento

Es difícil tomar un criterio objetivo para optar por la posición o modelo más adecuado para estudiar el conocimiento. Puesto que la pretensión es la formación de futuros profesores de ciencias, se podría adoptar el criterio pragmático de adoptar la posición que más incidencia tiene en el ámbito de la enseñanza y en esto existe un amplio consenso en elegir el **constructivismo** como la posición más adecuada (posición a, versión 1).

El **constructivismo** tiene la virtud de adoptar una visión intermedia para interpretar el origen y formación del conocimiento. Así, al afirmar que el conocimiento se va construyendo por la interacción entre sujeto y objeto, se da igual importancia a la experiencia personal y a la actividad racional del sujeto y se aparta de posiciones más extremas para entender la construcción del conocimiento, tales como:

- el *empirismo* donde se reconoce el predominio de la experiencia del sujeto con el medio y, por tanto, existe correspondencia entre conocimiento y realidad (posición a, versión 1 y 2),
- el *idealismo*, donde se percibe la realidad como una caja negra para el sujeto de forma que no se puede afirmar que el conocimiento represente nada del medio (posición b, versión 2),

- el *apriorismo* que admite la existencia de estructuras cognitivas preformadas sin ser construidas o,
- el *racionalismo* que ve un predominio de la razón en la construcción cognitiva.

Otras afirmaciones coherentes con el **constructivismo**, son las siguientes:

- Existe una realidad construida por el sujeto y otra externa a él a la que no puede acceder pero sí interactuar. No se admite la verdad en sentido realista sino en sentido adaptativo, como aumento de la confirmación de expectativas.
- Las interacciones aportan datos para construir un objeto cognoscible cada vez más próximo (en sentido adaptativo) del objeto real pero sin alcanzarlo jamás. Admitir este acercamiento se desmarca de las posiciones idealistas del constructivismo radical (posición b, versión 2).
- La construcción del conocimiento tiene lugar en el interior del sujeto y sólo él la puede realizar. Por tanto, no es coherente con la visión constructivista pensar que el conocimiento es copia de lo real o que se pueda apropiarse directamente de algo exterior al sujeto o que se puedan establecer correspondencias directas.

Respecto a la visión o modelo más adecuado para estudiar o interpretar el conocimiento, creemos que el **organicismo** es más adecuado que la visión simplificada y reduccionista que da el **mecanicismo**, por las siguientes razones:

- Bajo el marco del mecanicismo se ha llegado a conformar modelos como “*la mente como procesador simbólico*” y “*la mente como entramado conceptual*”, dichos modelos ofrecen una imagen excesivamente simple, racional y explícita del conocimiento. Además de estructuras conceptuales, el conocimiento contiene otras estructuras cognitivas, como por ejemplo, las construidas por experiencia personal con su entorno físico cotidiano o fruto de las interacciones interpersonales que permiten hacer buenas previsiones y disponer de habilidades para actuar de forma inteligente. Estas 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.
- Para comprender mejor la formación de los significados es preferible usar el **organicismo** para modelizar el conocimiento. En efecto, el significado no sólo se atribuye con las estructuras conceptuales, también con las procedimentales y las afectivas y, en general, con todo el organismo biológico del sujeto (Delval, 1997, Pozo, 2003).

Las dos posiciones elegidas, una para entender mejor la construcción del conocimiento, **constructivismo**, y otra para disponer de un adecuado modelo para estudiar el conocimiento, **organicismo**, se complementan y son coherentes entre sí. El organicismo aporta al constructivismo la membrana flexible que separa el sujeto

d e s u m e d i o

TABLA A. POSICIONES PARA ENTENDER EL CONOCIMIENTO

POSICIONES MENOS ADECUADAS	POSICIONES MÁS ADECUADA
<ul style="list-style-type: none"> • Sobre el origen y construcción de conocimiento, en general, es poco adecuado dar prioridad, bien a la experiencia del sujeto con su medio (<i>EMPIRISMO</i>), o bien, a la capacidades cognitivas del sujeto (<i>RACIONALISMO</i>). O admitir estructuras cognitivas preformadas al nacer (<i>APRIORISMO</i>). • Posiciones que admiten algún tipo de correspondencia entre objeto real y objeto conocido. En esta línea se encuentra el "<i>REALISMO INGENUO</i>" o creencia usual en suponer que las cosas son tal y como se perciben, también vale decir que el conocimiento no es más que una copia de la realidad (observar que esta posición también se puede tachar de <i>EMPIRISMO EXTREMO</i>). <i>Criterio de verdad</i> de estas posiciones: un conocimiento es más verdadero que otro en la medida que se aproxime más a la realidad. • Lo contrario al realismo es el <i>IDEALISMO</i> para el que no se puede afirmar que el conocimiento represente nada del medio pues éste es una caja negra para el sujeto. 	<p>El CONSTRUCTIVISMO adopta una visión intermedia al afirmar que el conocimiento se va construyendo por la interacción entre sujeto y objeto. De este modo, da igual importancia a la experiencia personal y a la actividad racional del sujeto y se aparta de posiciones más extremas (y).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hay una realidad construida por el sujeto y otra externa a él a la que no puede acceder pero sí interaccionar. No se admite la verdad en sentido realista sino en sentido adaptativo, como aumento de la confirmación de expectativas, (se aleja de posiciones realistas y empiristas). • Las interacciones aportan datos para construir un objeto cognoscible cada vez más próximo (en sentido adaptativo) del objeto real pero sin alcanzarlo jamás. Admitir este acercamiento se desmarca de las posiciones idealistas <p>POSICIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tanto las construcciones cognitivas como la asignación de significados se hacen dentro del sujeto (no hay copia ni apropiación directa).

(analogía de la piel de todo ser vivo) que permite precisar y entender de un modo más adecuado la interacción de sujeto con el medio, la asignación de significados, las diferencias entre enseñar y aprender o la imposibilidad de apropiaciones cognitivas directas del medio. El constructivismo permite entender mejor las interacciones del organismo con su medio sin caer en extremismos (apriorismo, empirismo ..) o inadecuadas interpretaciones. Cualquier organismo vivo es sólo una propuesta orgánica que perdurará si predominan los éxitos sobre los fracasos en sus interacciones con el medio. Ambos son coherentes con una visión dialéctica de las interacciones entre objeto y sujeto y de cómo el sujeto va construyendo el objeto: las interacciones van enriqueciendo la imagen, necesariamente poliédrica, del objeto y, a su vez, la imagen mejorada permite interacciones más adecuadas, más inteligentes. Así, en paralelo a la construcción del conocimiento, el sujeto construye una realidad que es quién determina en buena medida las nuevas interacciones. Cada cual construye su realidad acorde con su escala de valores y la imagen que posee del mundo. En definitiva, la posición que se adopta en lo sucesivo como más adecuada la denominaremos **CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO**.

La **TABLA A** muestra en la columna izquierda las posiciones menos adecuadas y en la de la derecha las más adecuadas y, a fin de facilitar la comparación, se han numerado las afirmaciones de unas y otras posturas. A su vez, la tabla se divide en dos apartados:

- En primer lugar, en “*posiciones*” se han colocado las afirmaciones relacionadas con las diferentes posturas básicas para interpretar el origen y construcción del conocimiento, así como su correspondencia con la realidad.
- En segundo lugar, en “*modelos*” se enfrentan los dos grandes modelos que compiten en la actualidad para interpretar el conocimiento, el *mecanicismo* y el *organicismo*.

1.2. La formación del maestro como docente de ciencias

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

En primer lugar se intentará que tome conciencia del marco de enseñanza con el que ha interactuado durante una docena de años. Se le darán las herramientas conceptuales necesarias para facilitarle esta toma de conciencia. Esta interacción le lleva a tener algunas creencias, más implícitas que explícitas, sobre enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Será importante que comprenda cuáles son sus limitaciones didácticas pues se tomarán como punto de partida de su formación.

Partiendo de sus creencias docentes, se valorarán diferentes opciones para su formación. Como es lógico adoptaremos aquella que desarrolle en el futuro docente un nivel de competencia suficiente para responder a las demandas educativas actuales.

1.2.1. El modelo tradicional para la enseñanza de las ciencias

Con “modelo tradicional”, también llamado modelo de transmisión-recepción, se quiere hacer referencia al modo más usual de enseñar ciencias en clase. Es cierto que “cada profesor tiene su librito” y que se dan diversos modos de enseñar, pero del conjunto se puede destacar unas características comunes que definen un modelo o modo de enseñar las ciencias que se considera “tradicional” por ser el que han usado y siguen usando la mayoría de docentes de ciencias.

Además de caracterizarse por un peculiar modo de entender la enseñanza de las ciencias, se ha observado que los docentes que practican el modelo tradicional mantienen ciertas visiones deformadas y empobrecidas del conocimiento de ciencias, así como del conocimiento y el aprendizaje del alumno. Parece existir cierta relación entre esta visión deformada que el docente posee y su práctica de clase, si bien en la actualidad no se dispone de datos concluyentes (Mellado, Ruiz y Blanco, 1997; Acevedo, 2000; Tsai, 2002).

A. Visiones poco adecuadas del conocimiento de ciencias.

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

A1) Visión empiro-inductivista.

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

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

A2) Visión acabada y dogmática (también aproblemática y ahistórica)

La visión acabada y dogmática consiste en creer que la ciencia es un conocimiento cerrado sin posibilidad de ser cambiado y como tal hay que aceptarlo, como dogma que no debe ser discutido. Todo lo contrario de la actitud científica siempre dispuesta a la confrontación.



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

Existe una estrecha relación entre la visión aproblemática y ahistórica y la siguiente: la visión desconectada. Si toda investigación intenta responder a problemas,

éstos están a menudo vinculados con necesidades económicas y sociales y, en bastantes ocasiones, con problemas tecnológicos.

A3) *Visión descontextualizada*

Esta visión percibe la ciencia como socialmente neutra que ignora, o trata superficialmente, las complejas relaciones existentes entre la Ciencia, la tecnología y la sociedad.

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

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

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

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

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

A4) *Visión acumulativa, de crecimiento lineal*

Consiste en presentar el desarrollo científico como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo, ignorando las crisis y las remodelaciones profundas, fruto de procesos tan complejos que no se pueden asimilar a ningún modelo definido de desarrollo científico.

A5) *Visión rígida, algorítmica e infalible*

Esta visión sostiene que existe un *Método Científico* como un conjunto de etapas que de ser seguidas mecánicamente con rigor (tratamiento cuantitativo, inferencias lógicas o matemáticas, control riguroso de variables, etc.) ofrece siempre resultados satisfactorios. Esta visión olvida o rechaza que muchos conocimientos de ciencias se han logrado al azar, después de notables dudas, o por intuiciones, inventivas o creaciones inicialmente vistas demasiado alocadas. Esta creencia está muy difundida entre el profesorado de ciencias, la cual, si se pone en entredicho lleva con frecuencia a posiciones de relativismo extremo, tanto metodológico (*todo vale*) como conceptual (*no hay una realidad objetiva que permita contrastar la validez de las construcciones científicas*). Esta visión de un método científico dando productos infalibles lleva a percibir la ciencia como un saber acabado listo para su simple recepción.

Obsérvese que mientras la visión rígida o algorítmica se refiere a cómo se concibe la realización de una investigación concreta (acaso a título individual), la visión acumulativa es una visión simplista de la evolución del conocimiento social de ciencias.

A6) *Visión individualista y elitista*

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

La ciencia formada por una comunidad elitista y reservada a minorías especialmente dotadas, transmite una imagen negativa hacia la mayoría de los alumnos. A esto contribuye las explicaciones del docente (p.e. los excesos algorítmicos sin significado físico) que no se esfuerza por presentar la ciencia accesible, ni por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores, como los de los propios alumnos.

Esta visión, junto a la inductivista, ha llevado a asociar al científico con un personaje de bata blanca y despeinado en un laboratorio lleno de extraños instrumentos con los

que experimenta y observa en busca del feliz descubrimiento. Los cómics, el cine y, en general, los medios de comunicación han contribuido a divulgar esta imagen de la actividad científica.

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

La **TABLA B1** (apartado 2.1.1) muestra estas visiones deformadas de la ciencia junto a las que sí son consideradas como más adecuadas por los expertos.

B. Visiones poco adecuadas sobre el conocimiento del alumno.

La **TABLA B2** (apartado 2.2.1) recoge las visiones poco adecuadas sobre el conocimiento del alumno (columna izquierda) enfrentadas a que son consideradas más adecuadas (columna derecha). Destacar las siguientes visiones poco adecuadas:

- Sobre la *organización del conocimiento del alumno* son visiones poco adecuadas:
 1. El conocimiento del alumno se percibe organizado como un entramado conceptual.
 2. Las ideas previas del alumno son incoherentes, fragmentadas y confusas.
- Sobre el *aprendizaje del alumno* son visiones poco adecuadas:
 3. Creer que al alumno le llega los significados que tiene el profesor a través de su explicación.
 4. Establecer vínculos directos entre enseñar y aprender, como por ejemplo, admitir que el alumno puede aprender todo lo que se le enseña ya sea de un modo inmediato (visión directa del aprendizaje) o mediado y trabajado (visión interpretativa).
 - En la *visión directa* no se percibe el papel activo de las ideas previas del alumno en el aprendizaje y más bien se cree que lo que el niño aprende lo va grabando en su mente como se escribe en un folio en blanco (Pozo, 1989; Jiménez Aleixandre, 2000).
 - En la *visión interpretativa* se percibe el papel activo de las ideas previas pero se admite que, a pesar de que éstas puedan sesgar o dificultar el aprendizaje, con paciencia y esfuerzo se puede llegar a que el alumno aprenda todo lo que se le quiere enseñar.

En ambos casos, se cree que 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).

C. Visión de la enseñanza de las ciencias

C1) **Sobre el currículo.** El cuerpo de conocimientos aceptado por la comunidad de ciencias es el único criterio para determinar qué contenidos son relevantes y cómo se organizan en el currículo. Cuanto más científico y académico sea el currículo, tanto mejor, de modo que reducir o eliminar contenidos disciplinares se considera una reducción de la propia educación científica.

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

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

D. Posibilidades y limitaciones del modelo

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

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

- La mera transmisión de saberes conceptuales establecidos no asegura su comprensión ni su uso dinámico y flexible de esos conocimientos fuera del aula (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Jiménez Aleixandre, 2000).
- Con frecuencia se oponen las metas y motivos del profesor y los del alumnado, con lo que éstos se sienten desconectados y desinteresados, al tiempo que el profesor se siente cada vez más frustrado (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

- Los modelos que se tienen sobre el desarrollo del conocimiento de ciencias y del alumno son poco adecuados, así: a) el progreso de la ciencia es más complejo que lo que sugiere la acumulación de ideas y b) el alumno no adquiere sus conocimientos por copia sino que los construye sobre sus ideas previas (Jiménez Aleixandre, 2000).

1.2.2. Creencias del futuro docente de ciencias

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

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

Las creencias del futuro docente sobre la enseñanza de las ciencias, muestran a su vez cierta dependencia de sus creencias sobre el conocimiento de ciencias (Gil, 1996) y sobre el conocimiento del alumno (Pozo y Scheuer, 1999). A la vez, *las creencias que se mantienen sobre los conocimientos de ciencias y alumnado son semejantes a las que se usan y difunden desde el modelo tradicional (creencias A y B de apartado 1.2.1).*

C. Limitaciones docentes

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

C1) Creencias sobre enseñanza:

- Enseñar es sobre todo transmitir contenidos conceptuales por parte del docente. Los contenidos procedimentales y actitudinales parecen no existir.
 - Se cree que un buen experimento por sí sólo puede enseñar ideas y conceptos.
- Los recursos a los que aluden son específicos y ligados a cada contenido de ciencias. Se desconocen los procedimientos característicos de la actividad de ciencias.

- Enseñar bien significa hacerlo "de modo más claro" o "de forma más comprensiva", etc. La responsabilidad de la educación es principalmente del docente.



C2) Limitaciones en el diseño de actividades:

- Están desligadas entre sí (los resultados de una actividad no se utilizan para hacer la siguiente). Se aprecia que no se usan criterios para planificar el plan de actividades.
- Las actividades se formulan más como una declaración de intenciones que como propuestas concretas de acciones a realizar con materiales concretos.
- Ausencia de actividades donde hay que asociar, observar, clasificar, seriar, medir, ordenar datos, realizar inferencias, formular hipótesis, etc.

- Se proponen actividades de enseñanza de mucha envergadura o exigencias materiales, por lo que son poco factibles de ser desarrolladas en clase teniendo en cuenta las limitaciones espaciales, temporales y económicas de los centros escolares.

1.2.3. Opciones para la formación del futuro docente de ciencias

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

PRIMERA OPCIÓN

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

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

- La actividad de clase se reduce a la exposición por parte del profesor de los contenidos conceptuales de ciencias. Hay un olvido casi sistemático de contenidos procedimentales y actitudinales. Se reduce la actividad del alumno prácticamente a tomar apuntes y escuchar al profesor.
- Las actividades donde el alumno debe resolver problemas se limitan a reproducir los modelos de problemas resueltos por el profesor a modo de ejercicios. Se reducen notablemente las posibilidades que tienen los problemas para enriquecer los contenidos conceptuales con nuevos significados y para desarrollar en el alumno habilidades procedimentales, tanto manuales como intelectivas.
- Las actividades experimentales pierden casi toda su eficacia puesto que se suelen presentar de forma aislada, sin un marco problemático y de indagación que le den sentido, y sin actividades posteriores que faciliten el proceso de conceptualización. Es incorrecto pensar que el experimento por sí sólo es la panacea didáctica que definitivamente facilita al alumno la comprensión de un determinado contenido.
- Los contenidos de ciencias presentados como un saber acabado contribuyen a forjar en el alumno imágenes distorsionadas de la actividad científica.

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

SEGUNDA OPCIÓN

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

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

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

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

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

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

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

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

TERCERA OPCIÓN

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

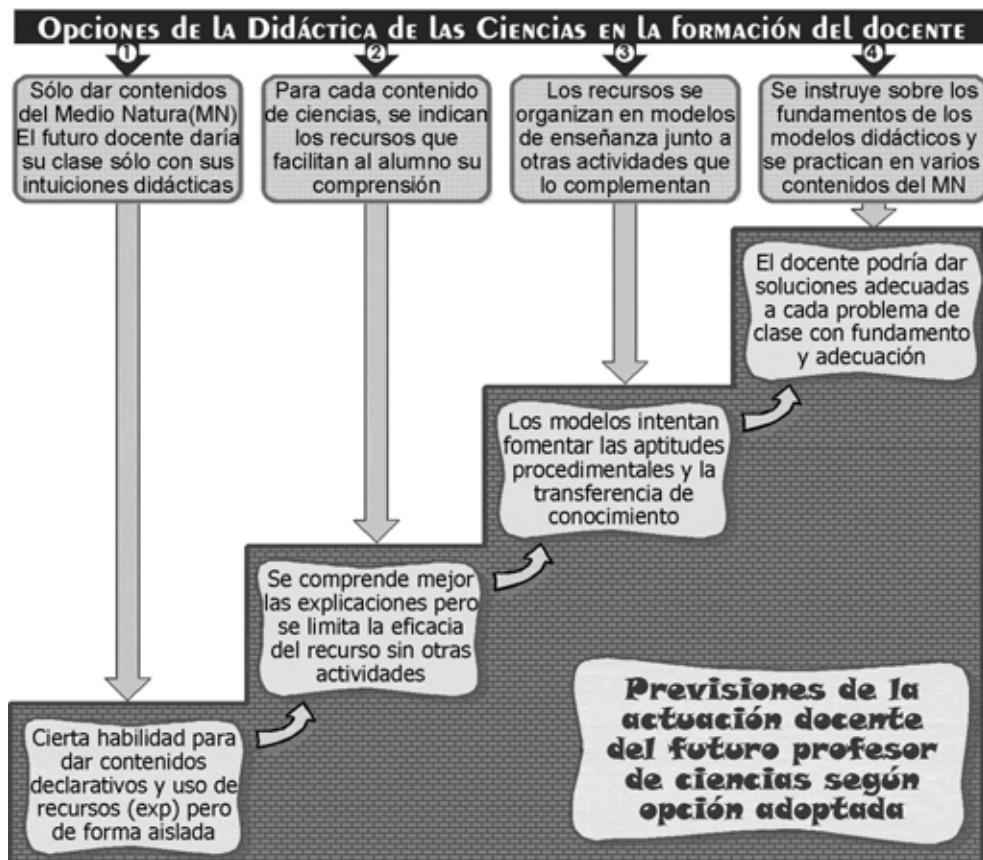
Un modelo de enseñanza consta de una serie de orientaciones didácticas, coherentes entre sí. Mientras que los recursos son orientaciones didácticas puntuales al estar vinculadas a uno o varios contenidos de ciencias, los modelos se aplican adecuadamente a un número más extenso de contenidos. Igual que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

La perspectiva que aquí se adopta es que no existen modelos definitivos para enseñar ciencias. Dependiendo sobre qué contenido se aplique y qué objetivo se pretenda, cada modelo será más o menos eficaz (Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Marín, Jiménez Gómez y Benarroch, 1997).

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

- Fomente el desarrollo de capacidades procedimentales y actitudinales en el aprendizaje de ciencias
- Posibilite la transferencia del conocimiento adquirido fuera del entorno académico.

- Fomente en el aprendiz de ciencias una visión de las ciencias que evite las visiones deformadas antes citadas.
- Permita desarrollar significados más ricos de los contenidos conceptuales.



CUARTA OPCIÓN

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

Tomemos una analogía culinaria para ilustrar las ventajas que tiene considerar los fundamentos de una medida u orientación didáctica: conocer varias recetas de cocina da la posibilidad de realizar con ciertas garantías de éxito los platos correspondientes,

pero si, además, se conoce el fundamento de los buenos resultados que se obtienen al aplicar las recetas (combinación adecuada de alimentos, tiempos de cocción, condimentos, etc.) permitiría realizar otros platos sustituyendo algunos ingredientes de los que no se disponen en el momento o crear nuevos que se adapten a los productos alimentarios de otro lugar.

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

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

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

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

PARTE 2

MODELOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

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

2.1. Modelos fundamentados en la construcción del conocimiento de ciencias

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

Una vez conocidas las características comunes que presentan los modelos para la enseñanza de las ciencias basados en *AcC* y las ventajas que ofrecen respecto a la enseñanza tradicional, se llevará a cabo un análisis detallado de sus limitaciones didácticas, principalmente en ámbitos educativos lejanos al contexto donde se desarrolla la actividad científica como son los casos de educación infantil y primaria.

2.1.1. Modos de entender el conocimiento de ciencias

El conocimiento de ciencias es la referencia a partir de la cual se diseñan y acondicionan los contenidos escolares sobre el medio natural. En parte, el modo de entender que tiene el docente de este conocimiento le condiciona su modo de enseñar las asignaturas de ciencias (Fernández y otros, 2002).

Lamentablemente, los modos tradicionales de enseñar ciencias inducen en el alumno y en los futuros docentes unas creencias que no se ajustan a lo que es realmente el conocimiento de ciencias y a cómo se construye este conocimiento.

VISIONES MÁS Y MENOS ADECUADAS DE LAS CIENCIAS		
	Posiciones menos adecuadas	Posición más adecuada
GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> • Dar prioridad al objeto (<i>empirismo</i>) o al sujeto (<i>racionalismo</i>) en cons. cognitiva • Asumir correspondencia entre realidad y conocimiento (<i>realismo</i>). <i>Idealismo</i>. • Reduccionismos como el <i>mecanicismo</i> o no distinguir entre lógica y psicología. 	<ul style="list-style-type: none"> • El constructivismo ve la construcción cognitiva como un proceso interactivo sujeto-medio. • El organicismo ve que lo asimilado no se corresponde con la realidad pero si permite mejor adaptación.
NATURALEZA	<ol style="list-style-type: none"> ① Generalización de datos observables (<i>inductivismo</i>), observando las leyes naturales (<i>empirismo</i>). La teoría no es un invento para describir (<i>ateórica</i>). ② Ofrece la imagen más exacta o verdadera de mundo que nos rodea (<i>absoluta, acabada y dogmática</i>). ③ Se obvian los problemas de la época que se pretenden resolver y sus cambios históricos (<i>aprobemática, ahistórica y descontextualizada</i>). 	Constante confrontación de teorías con datos empíricos. Esta es la visión del: <ul style="list-style-type: none"> • CONSTRUCTIVISMO, ya que confrontar destaca la experiencia -pero los datos no toman el valor del empirismo (-①)- y la actividad racional -las ideas son tan relevantes como los datos-. • El criterio de validez de una teoría no es su correspondencia con la realidad sino su pragmático -utilidad, productividad, eficacia- donde se aplica (-②, -③).
PROGRESO	<ol style="list-style-type: none"> ④ Crece de forma lineal, acumulando datos, ideas, leyes y teorías (<i>visión acumulativa o de crecimiento lineal</i>). ⑤ Existe un método tal que seguido con rigor, da siempre buenos resultados (<i>visión rígida y algorítmica</i>). Se olvidan los logros al azar o el ensayo-error. ⑥ Fruto de personas singulares o genios solitarios (<i>visión individualista o elitista</i>). Se ignora que la ciencia es una empresa colectiva. 	El ORGANICISMO permite entender mejor procesos complejos como: <ul style="list-style-type: none"> • La realidad cambia con el cambio de paradigmas. Revoluciones científicas -④. • Procesos a varios niveles: a) previo, b) descubrimiento (-⑤), c) comunicación, d) regulación social y f) justificación. • La comunidad científica regula las aportaciones individuales, la difusión de ideas y, junto a otras entidades, la gestión de la ciencia -⑥.

Numerosos estudios sobre el conocimiento de ciencias convergen y asumen un modo de entender el conocimiento de ciencias que se podría catalogar como “más adecuado”, el cual está alineado con la posición del **CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO** ya descrito.

Para comprender mejor porqué ciertas interpretaciones del conocimiento de ciencias se tachan de poco adecuadas se muestran éstas en la columna izquierda de la **TABLA B1** enfrentadas a las que serían afirmaciones e interpretaciones más adecuadas que se muestran en la columna derecha. De este modo, es posible evaluar mejor la lógica que subyace en cada afirmación y los motivos por lo que se le cataloga de más o menos adecuada.

La información de la **TABLA B1** se ha dividido en tres apartados:

- El primero de ellos, denominado *marco*, recoge afirmaciones generales más y menos adecuadas sobre el conocimiento en general (no específicas de ciencias). Las afirmaciones que se sostienen recogen de un modo sintético las posiciones argumentadas ampliamente en el apartado anterior. Deberá entenderse que tales afirmaciones aportan un marco general donde se formulan las afirmación de los dos apartados que siguen. Así, se puede apreciar que todas las afirmaciones de la columna derecha son coherentes con el marco que ofrece el constructivismo orgánico.
- El segundo apartado, *naturaleza*, hace referencia a argumentos más y menos adecuados para interpretar qué es ese conocimiento que llamamos ciencias. En este apartado se hacen afirmaciones sobre cómo y donde surge la ciencia y cuál es el grado de verdad que posee.
- Finalmente, en el apartado *progreso*, se exponen un conjunto de afirmaciones más y menos adecuadas sobre cómo evoluciona y se desarrolla el conocimiento de ciencias. Contiene diferentes interpretaciones que mantienen una visión simplista del progreso de ciencia y otras que manifiestan, de un modo más adecuado a la realidad, su mayor complejidad.

Se puede apreciar la coherencia entre las afirmaciones contenidas en “*naturaleza*” y en “*progreso*”. Por un lado, centrando la atención en la columna izquierda, la *visión empirista* sobre el papel predominante de los datos en la formación de teorías está vinculada con la *visión acumulativa* del crecimiento de la ciencia en la que la suma de datos empíricos seguida de un proceso de generalización inductivo van conformando las teorías y, con ello, el progreso científico. La *visión individualista* de la ciencia apoya en cierto modo la *idea empirista* de "descubrimiento" del científico trabajando en solitario en su laboratorio y contribuye a una lectura de la ciencia socialmente neutra (*visión descontextualizada*). Del mismo modo, por citar otro ejemplo, una visión rígida, algorítmica y exacta de la ciencia refuerza una interpretación acumulativa y lineal, del desarrollo científico, ignorando las crisis y las revoluciones científicas. Por otro lado, observando la columna derecha, la idea constructivista de confrontación constante se percibe como necesaria desde la membrana que aporta el organicismo que impide llegar a conocimientos certeros pero sí más útiles y eficaces, incluso para el conocimiento de ciencias.

TABLA B1. POSICIONES SOBRE EL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS

POSICIONES MENOS ADECUADAS	POSICIÓN MÁS ADECUADA
<p>Las que dan prioridad al objeto (<i>EMPIRISMO</i>) o al sujeto (<i>RACIONALISMO</i>) en las construcciones cognitivas. Las que asumen correspondencia sujeto-objeto (<i>REALISMO</i>) o niegan acercamiento al objeto (<i>IDEALISMO</i>). <i>MECANICISMO</i>.</p>	<p>CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO Este percibe la construcción de la ciencia en un doble proceso interactivo: sujeto-medio y sujeto-comunidad científica, donde la ciencia es una entidad orgánica que asimila el medio</p>
<p>La ciencia se construye a través de un proceso inductivo de generalización a partir de datos empíricos y enunciados observables (<i>INDUCTIVISMO</i>). La observación y experimentación con la naturaleza aporta datos empíricos que son fiel reflejo de ésta, de modo que tales datos pueden disipar dudas o revocar teorías (<i>EMPIRISMO</i>). La misión de la ciencia es descubrir las regla de la naturaleza más que inventar hipótesis o modelos para interpretarla (<i>visión ATEÓRICA</i>).</p> <p>La ciencia ofrece una imagen exácta o, cuanto menos, la más exacta o más verdadera de mundo que nos rodea (<i>ABSOLUTISMO</i>). Esto suele conllevar una <i>visión ACABADA Y DOGMÁTICA</i> del conocimiento de ciencias olvidando los problemas que en su momento se pretendían resolver y de los que surgió un determinado conocimiento o cuál fue su evolución como consecuencia de nuevos problemas encontrados (<i>visión APRÓBLEMÁTICA, AHISTÓRICA Y DESCONTEXTUALIZADA</i>).</p>	<p>La ciencia se construye en constante e intencional actitud de confrontación de las construcciones cognitivas de ciencias y los datos empíricos.</p> <p>La anterior visión de la ciencia es la que se denomina CONSTRUCTIVISMO. La continua confrontación empírica destaca el papel de la experiencia pero sin que los datos adquieran el valor tan decisivo que tiene para el <i>empirismo</i> (ver) y, a la vez, se percibe como importante la actividad racional sin caer en el <i>racionalismo extremo</i> al admitir la intervención de otros factores menos racionales.</p> <p>La validez de una teoría no reside en su correspondencia con la realidad (criterio que adopta el empirismo visto en) sino que habría que basarla en los criterios, más pragmáticos, de utilidad, eficacia, productividad, etc., en la parcela de realidad donde está comprometido el conocimiento de ciencias (a esto se denomina NATURALEZA). Esta visión se aleja de las descritas en y .</p>
<p>Sobre el progreso y crecimiento de la ciencia existen visiones simplistas y mecánicas que no serían adecuadas para interpretar la realidad de la ciencia como las que siguen:</p> <p>Crece de forma lineal, acumulando datos, ideas, leyes y teorías (<i>visión ACUMULATIVA O DE CRECIMIENTO LINEAL</i>).</p> <p>Existe un <i>método</i> (serie de procedimientos) tal que seguido mecánicamente y con rigor, da siempre buenos resultados (<i>visión RÍGIDA Y ALGORÍTMICA</i>). Esta visión olvida los logros al azar, las ideas alocadas, 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.</p> <p>El verdadero progreso de la ciencia es fruto de personas con facultades singulares o genios solitarios (<i>visión INDIVIDUALISTA O ELITISTA</i>). Se ignora que usualmente se trabaja en grupos de investigación. Además, se estaría también admitiendo que los datos u opiniones de un genio bastarían para aceptar o falsar una idea o una teoría, ignorando que estos procesos son más complejos y colectivos (comunidad de expertos).</p>	<p>Sólo desde una posición ORGANICISTA se puede entender mejor los procesos complejos de construcción del conocimiento de ciencias. Así desde esta posición se puede afirmar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La ciencia no crece de modo lineal. La realidad cambia con el cambio de teorías o de paradigmas y con éstas el núcleo duro de lo que no se puede falsar (se opone a). • Existen varios procedimientos según la fase constructiva. A distinguir las siguientes fases: a) previa, b) descubrimiento, c) comunicación, d) regulación social y f) justificación. La a) y c) se acercan a la descrita como <i>método científico</i>, mientras que en la b) la línea marcada se puede volver tortuosa (ver). El modelo de f) se ajusta al modelo constructivista. • Para entender la complejidad de la fase d) es necesario considerar una comunidad científica que: a) regula la incorporación de las aportaciones individuales, b) controla la difusión de ideas, c) gestiona con otras instituciones el conocimiento de ciencias, etc. La ciencia es sobre todo una construcción social donde la aportación individual no se incorpora por simple añadido al cuerpo de conocimientos científicos sino tras una compleja asimilación por la comunidad (se opone a).

2.1.2. La construcción del conocimiento de ciencias

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

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

2.1.2.1. Contexto donde se construye el conocimiento de ciencias

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

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

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

Puesto que se espera del conocimiento de ciencias que sea útil y eficaz para resolver problemas del ámbito económico y social donde tiene adquiridos fuertes compromisos y responsabilidades y a fin de que las aportaciones individuales al cuerpo teórico consensuado supongan un progreso efectivo, se procura desarrollar estructuras conceptuales altamente coherentes y consensuadas. Así, a nivel lingüístico, la coherencia es tal que el significado de cualquier concepto lo adquiere con cierta precisión a través de otros significantes y por su posición y relación en la trama conceptual y, con el fin de evitar confusiones, se procura reducir al mínimo el margen

de tolerancia del significado (Pozo, 1989; Marina, 1998), de ahí la necesidad de buscar definiciones usando el lenguaje matemático (Holton, 1972).

2.1.2.2. Fases y procedimientos de construcción de las ciencias

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

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

En la *fase de comunicación* no se suelen reflejar todas las vivencias que el investigador experimenta en la fase de descubrimiento. Los momentos de duda y zozobra, donde se han usado procedimientos pocos científicos o se han mantenido ideas o sentimientos poco racionales, se suelen obviar en la elaboración del informe de la investigación (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 el consenso. En esta fase, se dan un conjunto complejo de procedimientos donde un modelo organicista sería el más apropiado para entenderlo (Luffiego, 2001). De hecho, las nuevas aportaciones no se incorporan como simples añadidos o por acumulación sino mediante un proceso que bien se podría explicar por asimilación y acomodación (Piaget, 1974; Kuhn, 1975). Sobre la aportación individual, se aplica un nuevo proceso de reconstrucción racional eminentemente social (Lakatos, 1974; Chalmers, 1984).

Del conocimiento así construido se ocupa la filosofía de las ciencias en la *fase de justificación*, cuya cuestión primordial es establecer pautas metodológicas que expliquen el progreso de las teorías de ciencias (Lakatos, 1974; Piaget y García, 1982; Chalmers, 1984). Aunque los modelos propuestos para explicar el progreso de las teorías de ciencias difieren notablemente entre sí (Piaget y García, 1982), en la

actualidad son mejor aceptados los que son coherentes con la posición epistemológica que defiende el constructivismo, lejos de las posiciones positivistas y racionalistas más extremas (Izquierdo, 2000).

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



Así pues, el proceso de *construcción del conocimiento de ciencias* presenta *fases de carácter individual*, usualmente en el contexto de equipos de investigación, y otras *de carácter social* donde interviene de forma decisiva la comunidad de expertos. En la construcción del conocimiento de ciencias la influencia social es más relevante que

la individual, piénsese en la formación del investigador, su producción en el seno de grupos de investigación, en la regulación de las aportaciones individuales al grueso del conocimiento consensuado de ciencias, en la mecánica de desarrollo y cambio de teorías, en las motivaciones e intereses para delimitar problemas, en la aplicación del conocimiento de ciencias, etc.

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

En el quehacer diario del experto de ciencias es frecuente el incremento de conocimientos específicos mediante, por ejemplo, una lectura continuada, congresos, reuniones, etc., así como a través de experimentos y observaciones de laboratorio. Además, los anteriores escenarios y fuentes de información suponen un proceso continuo de desajustes y conflictos cognitivos que puede llevar al experto a cambios más fuertes en su estructura cognitiva dándole la oportunidad de desarrollar un potente pensamiento hipotético deductivo.

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

2.1.2.3. Características generales del conocimiento de ciencias

Las dos características más relevantes de este conocimiento son:

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

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

2.1.2.4. Procedimientos característicos de la actividad científica

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

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

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

En general, se puede decir que cuando se inicia una investigación en un nuevo dominio físico del que aún no se posee una estructura conceptual sólida que explique los distintos fenómenos, los descubrimientos se realizan sobre todo por continuas aproximaciones utilizando procesos inductivos (observación, clasificación, medición, inferencias...). Cuando existe un cuerpo de conocimientos que da cuenta de los distintos fenómenos relacionados con su dominio, la investigación está más dominada por procesos hipotéticos-deductivos, si bien no desaparecen los procesos inductivos, incluso de ensayo y error, en zonas fronterizas del conocimiento.

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

- ***El punto de partida de la investigación: el conocimiento del científico***

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

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

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

• *La observación*

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

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

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

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

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

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

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

• *La clasificación científica*

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

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

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

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

• *Inferencia*

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

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

Todos los alumnos desean aprobar (premisa)

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

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

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

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

Todas las disciplinas cuyo objeto son entes materiales son científicas.

El objeto de estudio de la Química son entes materiales

La Química es una disciplina científica

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

El átomo es divisible en partículas más pequeñas

El átomo no es la parte más pequeña de la materia

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

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

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

Es probable que la característica "b" esté en Pn

Entre los animales el cáncer se debe a virus

El hombre es un animal

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

(Llamemos método 1 a las prácticas de clase por comprobación y método 2 a las de descubrimiento)

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

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

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

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

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

Las leyes básicas del aprendizaje valen para todas las especies estudiadas

Es probable que valgan para todas las especies existentes.

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

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

• *El problema científico*

Los problemas sirven para impulsar la actividad científica y el nivel de investigación se mide por la dificultad de los problemas que se abordan. Si no existen los problemas la investigación se estanca y tan importante como solucionar problemas, es crearlos. La tarea científica no acaba con la solución del problema ya que esta supuesta

solución puede generar, y de hecho ocurre casi siempre, nuevos problemas. Esta dinámica de solucionar y generar nuevos problemas continuamente es propia de la actitud científica: conforme avanza la ciencia, los problemas se incrementan en extensión y dificultad, y en esa lucha para encontrar soluciones, el conocimiento se incrementa.

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

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

- a) Debe ser coherente con la teoría más solvente y consensuada sobre el tema en cuestión o con alguna parte de esta teoría (principios, definiciones, leyes ..)
- b) No debe contener supuestos falsos, no confirmados o que estén por decidir.
- c) Debe permitir la formulación anticipada de conjeturas o hipótesis acerca del tipo de solución y del tipo de comprobación de la misma. Debe admitir un desarrollo progresivo dejando entrever posibles soluciones.

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

• **Hipótesis**

Los problemas científicos no se resuelven directamente con la experimentación, sino que el científico emite una serie de suposiciones (hipótesis) que podrían ser soluciones, aunque sean parciales, del problema. Por ejemplo, ante el problema científico formulado anteriormente podríamos plantear las siguientes hipótesis: "la luz está constituida por pequeñas partículas invisibles a nuestros ojos" o "la naturaleza de la luz se acerca más a la de una onda electromagnética". Después, el científico realizará experiencias como si tales hipótesis fueran ciertas, al menos por el momento.

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

Existen varios tipos de hipótesis:

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

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

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

Algunas reglas para formular hipótesis adecuadamente son:

1. Debe de ser posible su comprobación experimental o formal.
2. Evitar la trivialidad, aportando algo nuevo a los conocimientos que ya se poseen, pero sin caer en suposiciones fantasiosas o arbitrarias que no respeten el cuerpo de conocimientos presentes.
3. Se escogerá entre varias suposiciones aquella que mejor explique de forma simple y clara los fenómenos problemáticos que la ha motivado.

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

• *La experimentación*

El experimento es una actividad donde el investigador confronta sus ideas o sus hipótesis con los datos empíricos. Consiste en la provocación deliberada de algún tipo

de perturbación o cambio en un sistema físico para obtener datos tal que interpretados se utilicen con alguna finalidad.

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

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

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

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

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

- a) **MÉTODO INDUCTIVO:** está integrado por procesos científicos como la observación, clasificación, seriación, medición e inferencias inductivas. Su característica más importante es que, partiendo de los datos particulares elaborados a partir de la observación y mediante un proceso intermedio de ordenación de datos, se llega mediante distintos tipos de inferencias a conclusiones de carácter más general que las proposiciones empíricas de partida. Este método ya puede utilizarlo el alumno de operaciones concretas gracias a las primeras operaciones mentales adquiridas, sin embargo, éstas no le permiten aún utilizar procesos científicos propios del método hipotético-deductivo.
- b) **MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO:** abarca, además de los procesos científicos ya mencionados, los siguientes procesos más específicos de este método: planteamientos de problemas, formulación de hipótesis, control de variables, diseño de experimentos, inferencias deductivas y construcción de modelos. En este método la dirección particular-general es una mera posibilidad que se realiza en determinadas fases del mismo. La importancia de este método reside en que, partiendo de proposiciones generales (hipótesis), se llega a partir de inferencias deductivas a otras de carácter concreto que son las que permiten ser contrastadas empíricamente. Estas inferencias deductivas pueden ser ejecutadas por alumnos que se encuentren en el nivel de operaciones formales.

2.1.3. Modelos de enseñanza basados en la analogía del “alumno como científico”

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

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

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

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

- Las **metas educativas** de este modelo son coherentes con la visión de ciencias que sostiene desarrollar en el alumno no sólo contenidos conceptuales de ciencias sino también los métodos y valores característicos de este conocimiento producto de una construcción social.
- **Enseñar** ciencias se percibe como una mediación en el aprendizaje del alumno, al entender que éste supone una reconstrucción individual de conocimientos partiendo de sus propias ideas, expandiéndolas o cambiándolas según los casos. Así, un modo coherente de enseñar ciencias es a través de *un programa de actividades, de situaciones de aprendizaje en las que los estudiantes construyan sus propios significados* (Jiménez Aleixandre, 2000). Las interacciones que contemplan estas actividades son múltiples: entre profesor y alumnos, entre estos mismos y entre

éstos y las actividades de clase. En cualquier caso, un clima de diálogo en clase dando oportunidad a la negociación de significados se percibe como más conveniente (Wheatley, 1991; Osborne, 1996).



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

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

A. Movimiento de las concepciones alternativas (MCA)

El MCA estuvo muy difundido en la década de los 80 (Gilbert y Swift, 1985; Driver y Oldhan, 1986; Driver, 1988; Driver, Guesne y Tiberghien, 1989). En el marco de

este movimiento o modelo, se elaboraron multitud de trabajos cuya estructura básica presenta dos fases:

1. Se toma cierta información del alumno sobre lo que sabe del contenido de ciencias a enseñar. En la tabla C (apartado 2.2.4) se muestran las creencias inadecuadas sobre conocimiento del alumno (columna izquierda) que se han mantenido desde el MCA junto a las que sí son más adecuadas.
2. Se establecen propuestas para la enseñanza de dicho contenido basadas en la información encontrada en el alumno (Marín y otros, 2001).

B. El modelo de cambio conceptual (MCC)

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

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

1. Debe existir **descontento** hacia la concepción espontánea que se desea cambiar. El sujeto no cambia los conceptos que tienen un papel capital en su pensamiento a menos que le parezca que éstos no resultan ya funcionales. Aun cuando el esquema no funciona bien, se suelen intentar solucionar los nuevos problemas que van surgiendo recurriendo a modestos cambios de éste, a menos que resulte demasiado evidente que sólo una completa revisión de sus conceptos solucionará esa falta de funcionalidad. Este *deseo de cambio de las ideas previas* es necesario fomentarlo mediante sucesivos conflictos cognitivos que se crearían al alumno presentándole tanto argumentos lógicos como evidencias empíricas.
2. La nueva concepción debe ser **inteligible**. El alumno sólo podrá empezar a explorar un nuevo concepto si éste le resulta mínimamente descifrable. Si es incomprensible para sus esquemas o va contra su intuición, es difícil que sea aceptado.
3. La nueva concepción debe parecer **plausible** inicialmente. Para aspirar a ser adoptada no necesita presentarse como verdad, basta con que parezca que puede serlo. Esta plausibilidad inicial depende de su potencial para resolver o dilucidar los problemas, cuestiones y evidencias empíricas que no han resuelto las concepciones espontáneas del alumno.
4. La nueva idea debe parecer al alumno **útil**, es decir, debe percibir en ella cierto valor pragmático para resolver nuevos problemas o poder ofrecerle la posibilidad

de hacer nuevas previsiones. Debe ser capaz de convertirse en una herramienta de pensamiento útil.

C. Modelo de enseñanza por investigación

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

1. Plantear situaciones problemáticas que, teniendo en cuenta las ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes del alumnado, generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
2. Proponer al alumnado el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones para acotar problemas precisos (oportunidad para que comiencen a explicitar funcionalmente sus ideas).
3. Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, lo que conlleva, entre otras cuestiones a la invención de conceptos y emisión de hipótesis (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones). Aunque debe dejar hacer al alumno, el docente ayudará sugiriendo direcciones de búsqueda o dando ideas claves para un planteamiento de hipótesis más adecuado.
4. Elaborar estrategias de resolución (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
5. La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica. Ello puede ocasionar un conflicto cognitivo entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis) y obligar a concebir nuevas hipótesis, etc.
6. Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Técnica/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones) y dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene la ciencia.

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

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

Posibilidades de los modelos basados en AcC

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

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

- Permite el diseño de una enseñanza coherente y bien estructurada que posibilita descentralizarse de aquella otra que gira exclusivamente alrededor de contenidos conceptuales, característica de los modelos de enseñanza expositiva (Marín, 1991; Gil, 1993). Se ligan consecuentemente los contenidos conceptuales de ciencias con la metodología utilizada para producirlos (Erazo y otros, 1994).
- Evita las típicas visiones deformadas del conocimiento de ciencias que suele inducir en el alumnado una enseñanza tradicional, potenciando una visión más acertada del desarrollo científico (Matthews, 1990; Gil, 1994).
- Se prevé la adquisición de capacidades procedimentales y conocimientos más flexibles y operativos con posibilidades para aplicarlos con éxito en la resolución de problemas nuevos no vistos en clase (Gil y otros, 1988; Barba y Rubba, 1993; Heyworth, 1999).
- Los modelos *AcC* que fomentan una enseñanza procedimental prevén la transferencia de los conocimientos adquiridos al entorno cotidiano.
- En la formación docente, posibilitaría apreciar y superar con criterios bien fundamentados las limitaciones didácticas que conllevan determinadas creencias sobre cómo enseñar (Furió y Gil, 1989; Baena Cuadrado, 1993; Calatayud y Gil, 1993; Furió, 1994; Gil, 1994).

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

2.1.4. Limitaciones de los modelos de enseñanza basados en la analogía del “alumno como científico”

Si los modelos del AcC resaltan las analogías entre los conocimientos de ciencias y del alumno, las diferencias, si las hay, deberán aportar suficientes argumentos para discutir la validez de tales modelos.

2.1.4.1. Comparación de los conocimientos de ciencias y del alumno.

Se pretende analizar si existen diferencias entre ambos conocimientos en cuatro aspectos relevantes:

A. *Influencia social.*

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

Mientras el soporte del conocimiento del alumno es su propia mente, en el de ciencias, existe una diversidad de formatos y soportes externos (libros, revistas especializadas, actas de congresos, soportes informáticos, etc) donde lo usual es registrarlos con significantes verbales, matemáticos y gráficos.

B. *Contexto donde se construyen*

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

- a) El *escenario cotidiano* acoge una diversidad de colectivos y tipologías individuales. Usualmente, lo que es objeto de ser tratado como problema es más bien el obstáculo que impide conseguir los objetivos de la actividad cotidiana (laboral, lúdica, de relación social, etc). Las soluciones son usualmente pragmáticas, particulares y no requieren ser útiles para otros problemas u otras personas. Los valores de este escenario están muy diversificados según grupos sociales y tipos de actividad.
- b) El *escenario académico* que es donde se transmite a los alumnos una serie de conocimientos estructurados y parcializados en disciplinas. Los fines y valores de este escenario dependen del modelo educativo, aunque es habitual que exista un desfase entre la práctica y los fines educativos declarados. Estos últimos casi siempre hacen referencia a la educación integral del alumno, igualdad de

oportunidades, transferencia del conocimiento adquirido en clase para una mejor comprensión y actuación en el entorno cotidiano actual, etc. Algunos de estos objetivos se logran en parte, pero la meta real que predomina es la propedéutica: superar exámenes para pasar al siguiente nivel académico.

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

- c) El *escenario de ciencias*, donde se construye este conocimiento, muestra peculiares mecanismos para que la producción cognitiva sea convergente y coherente. Los fines y valores predominantes están mediatizados por el esfuerzo en producir un conocimiento válido, fiable y eficaz, principalmente para su uso pragmático en el ámbito de producción de bienes materiales (Vázquez y otros, 2001) que es donde este conocimiento mantiene su mayor compromiso (Chalmers, 1984).

El escenario de ciencias descrito, determina fuertemente el conocimiento de ciencias construido pero no hay que olvidar las complejas relaciones CTS (Fernández y otros, 2002) que también lo vinculan a la parte más interesada y material del escenario

cotidiano, hasta el punto que determinan un buen número de direcciones de investigación (problemas medioambientales, desarrollo tecnológico, producción y control de bienes, etc). Por el contrario, el alumno adquiere desde la diversidad de actividades del escenario cotidiano (cognitivas, afectivas y motrices) un conocimiento eficaz para los problemas cotidianos pero corto para el escenario académico.

C. *Procesos constructivos*

CI. *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, 2003). 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.

C2. El proceso de *construcción del conocimiento de ciencias* presenta una fase de construcción individual, usualmente en el contexto de equipos de investigación, y otra fase de construcción social, bastante más relevante que la individual, donde interviene de forma decisiva la comunidad de expertos. Para que sea compartido, el conocimiento de ciencias debe ser expresado de forma explícita en entramados conceptuales y simbólicos de alta precisión y coherencia a fin de que los significados no varíen mucho al compartirlos. Los fuertes mecanismos de regulación social de las aportaciones individuales lo que intentan es preservar el consenso y hacer más probable el progreso.

D. Características

Las características más destacables que diferencian el conocimiento de ciencias y el del alumno son las siguientes:

DI. *Diferencias sobre aspectos específicos del conocimiento vinculados a fenómenos físicos-naturales.* Frente a un conocimiento de ciencias altamente racional, explícito y coherente sobre los fenómenos físico-naturales, el conocimiento del alumno, desarrollado en un contexto de menos exigencia cognitiva, posee un grado de coherencia interna menor. Está orientado a ser un conocimiento funcional, pragmático y útil para las actividades cotidianas, en muchas de las cuales las cualidades afectivas cuentan más que las cognitivas. Esto hace que el conocimiento que posee el alumno de los fenómenos físico-naturales, comparado con el de ciencias, sea global, centrado en un entorno específico cotidiano, subjetivo, en buena parte implícito y vinculado a su sistema afectivo. Éste se organiza en una doble estructura cognitiva conceptual y vivencial, donde lo conceptual, lo afectivo y lo sensomotriz está fuertemente mezclado y donde existen contenidos cognitivos implícitos que ni siquiera tienen vínculo con lo conceptual u otro tipo de significantes (Piaget, 1976; Karmiloff-Smith, 1994; Pozo, 2001). En muchos casos, el significado que asigna el sujeto a un concepto viene dado por una serie de vivencias orgánicas, cognitivas, afectivas y motrices (Castilla del Pino, 2000). A *nivel cuantitativo* existe buen número de contenidos cognitivos del alumno que no admiten vínculos lógicos o correspondencias con ningún contenido académico de ciencias, y lo contrario, el repertorio de esquemas

cognitivos del alumnado sólo da significado, más o menos adecuado, a unos cuantos contenidos académicos, el resto los desconoce. Esto es un detalle que parece haberse pasado por alto en un buen número de trabajos donde al alumno se le han asignado “concepciones” que sólo estaban en la mente del investigador (Marín, Solano y Jiménez Gómez, 2001).

D2. Diferencias sobre aspectos generales del conocimiento. Lo usual es que el alumno afronte las tareas y problemas cotidianos con estrategias inductivas o por “ensayo y error”. El modo de procesar el alumno la información externa está muy determinado por lo concreto y lo perceptivo, percibe como necesario explicar lo que cambia no lo que permanece. Establece relaciones con limitaciones tales como enfatizar una dirección preferente en interacciones no lineales o establecer relaciones causales de semejanza y contigüidad (Driver, 1986; Pozo y Gómez Crespo, 1998). El entorno académico, más preocupado por enseñar y evaluar la versión declarativa de los contenidos de ciencias, no potencia el desarrollo procedimental, de manera que son pocos los alumnos que alcanzan el nivel formal (Shayer y Adey, 1984). Las características procedimentales anteriormente señaladas permanecen en la mayoría de la población estudiantil. Mientras que en ciencias, excepto en la fase de descubrimiento donde aparecen procedimientos semejantes a los del alumno, en las demás fases de la construcción del conocimiento de ciencias aparecen procedimientos hipotético-deductivos que se dan escasamente en el entorno cotidiano.

2.1.4.2. Críticas a los modelos AcC

Las diferencias vistas entre conocimiento de ciencias y del alumno aportan los argumentos necesarios hacer una crítica a los modelos AcC bien fundamentada.

Mientras que la visión que mantienen los modelos AcC sobre la construcción del conocimiento de ciencias está bien desarrollada y consensuada, la que se maneja del alumno es pobre, sesgada y, en ocasiones, errónea. El problema es que los modelos AcC han manejado un conocimiento del alumno muy mediatizado por el de ciencias. Esto quiere decir que se ha asociado al alumno una organización cognitiva y unos modos de aprender “inspirados” en la organización conceptual del conocimiento de ciencias (o su versión académica) y en la forma con que se produce el progreso de ciencias. El resultado es que se ha mantenido una visión deformada del conocimiento del alumno demasiado racional y explícita. Además, las expectativas del AcC ante el aprendizaje del alumno son más optimistas que las de modelos mejor fundamentados psicológicamente.

A. Limitaciones generales de los modelos AcC

De hecho, las limitaciones de los modelos AcC provienen principalmente de esta visión poco adecuada del conocimiento del alumno (ver tabla B2 del apartado 2.2.1). Véase aquellas de carácter general:

- A1. La estructura y organización conceptual de las ciencias es un modelo deficiente de la estructura cognitiva del alumno, que es percibida más racional y declarativa de lo que es en realidad (Pintrich, 1999; Marina, 1998). La organización del conocimiento del alumno, con fuerte relación cognitivo-afectiva y contenidos implícitos, no se pueden asimilar a la organización cognitiva de ciencias. Ésta es más bien un entramado conceptual regido por una lógica de clases donde se busca coherencia, coordinación y precisión entre la extensión y comprensión de los conceptos.

LIMITACIONES DE LOS MODELOS BASADOS EN LA ANALOGÍA AC	
<p style="text-align: center;"><u>Visión de la ciencia</u></p> <p>A. Constructivismo. Confrontación constante para lograr conocimiento fiable y predictivo:</p> <p>a1. Entre teoría y datos empíricos. No al <i>absolutismo</i>, al <i>realismo</i> y al <i>empirismo</i>. Datos y teoría igual de creíbles. Datos deben replicarse y ser interpersonales.</p> <p>a2. La confrontación positiva, enriquece la teoría, las anomalías llevan a retocar y, si son múltiples, al cambio.</p> <p>B. Organicismo. La comunidad de expertos determina los efectos sociales de las ciencias. Regula las aportaciones individuales y gestiona la aplicación de la ciencia. Existen factores internos y externos menos racionales. Se distingue contexto de descubrimiento y de justificación. El pensamiento hipotético-deductivo se pierde en la investigación real que es más tortuosa y menos lógica.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Visión del alumno</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Se percibe el conocimiento del alumno como una red conceptual semejante a la de ciencias. Así: <ol style="list-style-type: none"> ① se interpreta el conocimiento del alumno desde el de ciencias. Sus ideas se valoran desde las de ciencias, por eso, ② se supone el conocimiento del alumno incoherente, fragmentado y confuso cuando desde su óptica es coherente, útil y pragmático. • Se admite correspondencia entre lo real y el conocimiento, entre enseñar y aprender. Actitudes realistas en: <ol style="list-style-type: none"> ③ admitir que toda respuesta del alumno está respresentando su significado. Se admite significados externos. ④ admitir que es posible aprender todo lo enseñado. Visión interpretativa o directa del aprendizaje. Enseñar y aprender son procesos diferentes.
<p>Limitaciones</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sobre MCA <ul style="list-style-type: none"> • El uso de datos sobre el alumno deficientes lleva a tomar medidas didácticas limitadas. • Aprender no es ligar ideas p. con ideas n. 2. Sobre MCC <ul style="list-style-type: none"> • El aprendizaje no es tal y como lo describe el MCC. Imposible cambiar conocimiento. 3. Sobre MEPI <ul style="list-style-type: none"> • Obvian las limitaciones procedimentales. • La actividad científica no es aprendizaje.

- A2. Se percibe un conocimiento del alumno incoherente, fragmentado y confuso cuando en realidad el propio sujeto lo percibe lógico, útil y práctico. Esta visión pobre del conocimiento del alumno se debe a que es evaluado o interpretado tomando como referencia el conocimiento académico de ciencias y el mismo conocimiento de ciencias.

- A3. La relación entre enseñar y aprender que se mantiene desde AcC está sesgada dado que los diseños de enseñanza prevén mayor movilidad y prestancia cognitiva en los aprendizajes del alumno que las que reflejan los resultados académicos u otros modelos para enseñar ciencias mejor fundamentados psicológicamente.
- A4. En la enseñanza no se tienen en cuenta modos de aprendizaje que son peculiares del conocimiento individual y que no se dan en el desarrollo del conocimiento de ciencias y, en general, en cualquier conocimiento externo al sujeto. Por ejemplo:
- La toma de conciencia de las estructuras cognitivas implícitas características del conocimiento cotidiano del alumno suponen procesos constructivos (Piaget, 1978).
 - Los procesos de abstracción reflexiva que permiten construir estructuras procedimentales.

B. Limitaciones específicas de cada modelo

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

B1. Sobre el modelo del “movimiento de las concepciones alternativas” (MCA)

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

B2. Sobre el modelo del cambio conceptual (MCC)

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

por las de ciencias en la categoría de conocimiento correcto, verdadero y aceptado (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

B3. *Sobre el modelo de enseñanza por investigación (MEPI)*

- Se obvian o no se hacen intervenir adecuadamente las capacidades y limitaciones procedimentales de los alumnos (Piaget, 1977b; Shayer y Adey, 1984; Lawson 1993). Esto es un requisito básico para evitar que el alumno se frustre intentando desarrollar actividades con un nivel de exigencia por encima de sus capacidades procedimentales (Marín, 1991). En secundaria, poco más del 20% de los alumnos de secundaria alcanzan algunas habilidades del pensamiento formal (Shayer y Adey, 1984; Marín, 1986), el resto no tendría suficientes recursos cognitivos para realizar las actividades del MEPI.
- Entre ellos afirman que "la metáfora que contempla a los alumnos como investigadores noveles proporciona una mejor apreciación de la situación de aprendizaje" (ver Valdés y otros, 2002), es decir, se asume cierto isomorfismo entre actividades de clase por investigación y la mecánica de aprendizaje del alumno cuando se afirma que las secuencias procedimentales propias de la actividad científica suponen la condición óptima de clase para fomentar el aprendizaje de ciencias. Es dudoso que los procesos constructivos del aprendizaje sean similares a los que se usan en la construcción social de ciencias si se tiene en cuenta las diferencias procedimentales entre unos y otros (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

2.2. Modelos fundamentados en la construcción del conocimiento del alumno

Los modelos basados en el "*alumno como aprendiz*" (AcA) garantizan una enseñanza más cercana al alumno dado que sus sugerencias didácticas se deducen directamente (sin hacer analogías) de los diversos aspectos ligados a la construcción del conocimiento del aprendiz tales como la asignación de significados, el desarrollo de los esquemas de conocimiento, los diversos tipos de aprendizaje, etc.

Igual que en el estudio del conocimiento de ciencias, primero se delimita un marco sobre la organización y desarrollo del conocimiento del alumno que permite superar las creencias deformadas sobre el conocimiento del alumno. A partir de una visión más adecuada de la cognición del alumno se deducirá una serie de orientaciones didácticas y un modelo para la enseñanza de las ciencias.

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

2.2.1. Modos de entender el conocimiento del aprendiz de ciencias

El conocimiento del alumno es, junto con el de ciencias, importante tener en cuenta si pretendemos que la enseñanza de las ciencias termine siendo bien asimilada por el aprendiz de modo que colabore en la nutrición de sus estructuras cognitivas.

Sin entrar en detalles, se pretende dar un marco general para entender mejor el conocimiento y el aprendizaje del alumno. Aún así, este marco tiene la importancia de marcar una clara separación con otras interpretaciones que son menos adecuadas y que, por desgracia, mediatizan negativamente la actividad docente de los profesores (Pozo y Scheuer, 1999).

VISIONES MÁS Y MENOS ADECUADAS DEL APRENDIZ		
	Posiciones menos adecuadas	Posición más adecuada
GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> • Dar prioridad al objeto (<i>empirismo</i>) o al sujeto (<i>racionalismo</i>) en cons. cognitiva • Asumir correspondencia entre realidad y conocimiento (<i>realismo</i>). <i>Idealismo</i>. • Reduccionismos como el <i>mecanicismo</i> o no distinguir entre lógica y psicología. 	<ul style="list-style-type: none"> • El constructivismo ve la construcción cognitiva como un proceso interactivo sujeto-medio. • El organicismo ve que lo asimilado no se corresponde con la realidad pero si permite mejor adaptación.
ORGANIZACIÓN	<p>Es poco adecuado ver la organización cognitiva del alumno como una red conceptual. Así se percibe un conocimiento más racional y menos lógico de lo que es. En DCE:</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Se interpreta el conocimiento del alumno desde el de ciencias. ② Se ven las ideas del alumno confusas, incoherentes y fragmentadas. 	<p>El conocimiento como un órgano más, se va construyendo por autoregulaciones que buscan el equilibrio. Así, el organicismo ve:</p> <ol style="list-style-type: none"> ① otras estructuras no conceptuales implícitas y procedimentales que surgen de la experiencia personal ② una construcción cognitiva coherente, útil y eficaz para responder al entorno
APRENDIZAJE	<p>Es inadecuada cualquier opción que admita correspondencia entre objeto real y su imagen, entre lo enseñado y lo aprendido, tal como:</p> <ol style="list-style-type: none"> ③ Creer que el sujeto puede tomar el significado del exterior como si lo percibido viajara con su significado. ④ Admitir que, con más o menos esfuerzo, el aprendiz puede adquirir todo lo que se le enseña. 	<p>Entre conocimiento y exterior existe una membrana que impide comparar o tomar directamente. Esta imagen permite entender mejor que:</p> <ol style="list-style-type: none"> ③ Palabra, percepción, dibujo, .. no viajan con sus significados sino que son atribuidos por el sujeto. ④ No existen vínculos directos entre enseñar y aprender. Son dos procesos diferentes.

La estructura de la TABLA B2 es la misma que la B1, a saber: se presentan las posiciones, creencias o argumentos menos adecuados en la columna izquierda mientras que en la derecha se puede apreciar las más adecuadas. Además, con el fin de facilitar la comparación, se han señalado los argumento más y menos adecuados de derecha e izquierda respectivamente con el mismo número. Para mantener la coherencia con las tablas anteriores, las afirmaciones de la derecha son coherentes, como ya es sabido, con la posición del CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO ya descrito.

La información de la TABLA B2 se ha dividido en tres apartados:

- El primero de ellos, denominado *marco*, tiene el mismo significado y contenido que el de la **TABLA 1B**, es decir, recoge afirmaciones generales más y menos adecuadas sobre el conocimiento en general. Este apartado, como su palabra indica, conforma el marco donde se ubican las afirmaciones que se encuentran por debajo, o dicho de otro modo, éstas están subordinadas a las del marco.
- El segundo apartado, *organización*, hace referencia a los diferentes modelos existentes sobre la organización cognitiva del alumno, cuáles son los elementos que la componen y como están relacionados.
- Finalmente, el apartado *aprendizaje*, expone diferentes modos de entender la adquisición de conocimiento, desde las más rudimentarias entendidas como poco adecuadas hasta las más elaboradas que coinciden con las más adecuadas.

Obsérvese que los contenidos de los apartados “organización” y “aprendizaje” están fuertemente relacionados puesto que lo que se aprende debe estar relacionado con los elementos que integran la organización cognitiva.

Si el docente piensa que la mente es sobre todo una estructura conceptual, entonces la enseñanza que realmente enriquece será la conceptual, si se piensa que es una estructura de esquemas de conocimiento, su evolución dependerá más de la interacción del sujeto con las situaciones y objetos de las actividades. En el primer caso, ligar los conceptos nuevos con los previos parece ser la sencilla fórmula que se propone para aprender, como de hecho se hace en la propuesta de aprendizaje significativo de Ausubel. En el segundo caso, el aprendizaje se parece más a una asimilación análoga a una digestión; lo que sugiere que aprender no es un asunto tan fácil. Esto acerca más al docente a la realidad de este fenómeno. Si el docente piensa que es posible que el alumno aprenda tal cual todo lo que se enseña, bien directamente, registrando la explicación como folio en blanco (visión directa), bien con algo de más esfuerzo, dado que el alumno interpreta y sesga la explicación con sus ideas previas (visión interpretativa), también subyace la falsa idea de que al alumno le resulta fácil aprender si el profesor expone su explicación de forma lógica y correcta. Con estos ejemplos, deliberadamente simplificados, se puede apreciar que la actuación del docente estará determinada en buena medida por el modelo que tenga en su mente sobre cómo organiza su conocimiento y aprende el alumno. La tabla B2 se esfuerza por enfrentar estas creencias poco adecuadas del aprendizaje con otras que presumen ser más adecuadas.

TABLA B2. POSICIONES SOBRE EL CONOCIMIENTO DEL SUJETO QUE APRENDE

POSICIONES MENOS ADECUADAS	POSICIÓN MÁS ADECUADA
<p>Las que dan prioridad al objeto (<i>EMPIRISMO</i>) o al sujeto (<i>RACIONALISMO</i>) en las construcciones cognitivas. Las que asumen correspondencia sujeto-objeto (<i>REALISMO</i>) o niegan acercamiento al objeto (<i>IDEALISMO</i>). <i>MECANICISMO</i>.</p>	<p>CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO</p> <p>Este percibe la construcción de la ciencia en un doble proceso interactivo: sujeto-medio y sujeto-comunidad científica, donde la ciencia es una Membrana orgánica que asimila el medio</p>
<p>El conocimiento del alumno se percibe organizado en un entramado conceptual jerarquizado. En el ámbito de la DCE es usual que se asemeje a la estructura conceptual de ciencia, a saber: conceptos bien definidos y ligados a los demás por relaciones lógicas de coordinación y subordinación.</p> <p>En tal caso, se tiende a sesgar el conocimiento del alumno percibiéndolo más racional y menos afectivo de lo que es en realidad. Existe confusión entre lo lógico y lo psicológico.</p> <p>Al interpretar el conocimiento del alumno desde estructuras conceptuales que se rigen por la lógica de clases, como es el caso del conocimiento de ciencias, se percibe un conocimiento incoherente, fragmentado y confuso. Es lógico que se vea así puesto que se está comparando con un conocimiento, el de ciencias, que es más coherente y preciso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> El aprendiz posee, además de estructuras conceptuales, otros contenidos cognitivos, como los construidos por interacción con su entorno físico e interpersonal. Estos poseen a menudo carácter implícito y procedimental sin mucho vínculo con la estructura conceptual (saber hacer pero no decir) y más relacionados con las estructuras afectivas. Ver . <p>Las fronteras borrosas de las categorías naturales que construye el sujeto chocan con los conceptos bien definidos de ciencias.</p> <ul style="list-style-type: none"> A pesar del desfase sujeto-medio, el conocimiento busca coherencia. Esto es una consecuencia de su tendencia orgánica de autorregulación y equilibración por las que se rigen sus construcciones cognitivas. El sujeto percibe su propio conocimiento coherente, útil y eficaz para responder a las usuales demandas de su entorno cotidiano. Esto se opone a .
<p>Es inadecuada cualquier opción que admita cierta correspondencia entre lo enseñado y lo aprendido, entre objeto real y su imagen. Por tanto, sería inadecuado:</p> <p>Creer que es posible tomar directamente el significado, parcial o total, de algunas o todas las entidades externa al sujeto (objetos, palabras, dibujos ..).</p> <p>Los vínculos causales directos entre lo que se enseña y lo aprendido, entre condiciones de enseñanza y de aprendizaje, como por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Admitir que de forma inmediata (visión directa) o mediada (visión interpretativa) el aprendiz puede adquirir todo lo enseñado. Creer que aprender es tan simple como relacionar de forma sustantiva las ideas nuevas que se enseñan con las previas que posee el aprendiz. O que se aprende fácil si se procura enseñar correctamente. <p>Y ya en el ámbito de la DCE, son discutibles las siguientes visiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> Suponer 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. Pensar que un contexto de clase que simule la actividad de los científicos crea las mejores condiciones para favorecer el aprendizaje. 	<p>Es adecuado imaginar que entre conocimiento y exterior existe una membrana que impide comparaciones o apropiaciones directas, pero su flexibilidad permite interacciones entre sujeto y objetos. La imagen de esta membrana flexible que impide trasvases permite entender mejor que:</p> <ul style="list-style-type: none"> los significados no llegan asociados a los significantes externos sino que los asigna el sujeto en función del conocimiento que posee. Una misma percepción para diversos sujetos puede tener significados diferentes . no se pueden establecer vínculos directos entre enseñar y aprender dado que son dos procesos diferentes . Toda construcción cognitiva es interna al sujeto por muy favorables que sean las condiciones externas. <p>La flexibilidad de la membrana admite interacciones entre sujeto y objetos lo que permite APRENDIZAJE del objeto cada vez más más adaptados al real. La membrana del idealismo sería más rígida.</p> <p>Los esquemas permiten otras construcciones cognitivas más allá de las conceptuales por:</p> <ol style="list-style-type: none"> asimilación y acomodación coordinación y diferenciación de esquemas por procesos de abstracción reflexiva toma de conciencia.

2.2.2. La construcción del conocimiento del alumno

Un primer acercamiento a un modelo sobre la construcción del conocimiento en el alumno se puede encontrar en la tabla B2 (apartado 2.2.1). Ésta ofrece un marco adecuado -denominado CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO- para interpretar cuestiones sobre organización y construcción cognitiva del alumno. Ahora, se trata de mantener la coherencia con esta posición adoptada para proponer un modelo que detalle cuestiones de la construcción cognitiva del sujeto.

A. Tipos de interacción del sujeto con su medio

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

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

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

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

B. Organización de la estructura cognoscitiva

Si no es adecuado usar un modelo de estructura conceptual para entender la organización del conocimiento del sujeto por su carácter excesivamente "lógico", tampoco parece adecuado usar el concepto como unidad de organización, entonces ¿cuál podría ser la unidad más adecuada? El constructo "esquema" presenta un claro vínculo con los típicos "efectos" psicológicos como son los interpretativos, inferenciales y prototípicos del sistema cognitivo (Piaget, 1977a; Pascual-Leone, 1979; Delval, 1997). El esquema a diferencia del concepto, es una unidad molar de la organización cognitiva construida por el sujeto por su interacción con un sector de la realidad y suele tener contenido implícito al sujeto sin vínculo con su estructura conceptual, el cual le infiere destrezas manipulativas e intelectivas frente al medio o capacidades para procesar información. Veamos un ejemplo con el *esquema cinético* que construye el sujeto con sus interacciones con objetos en movimiento:

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

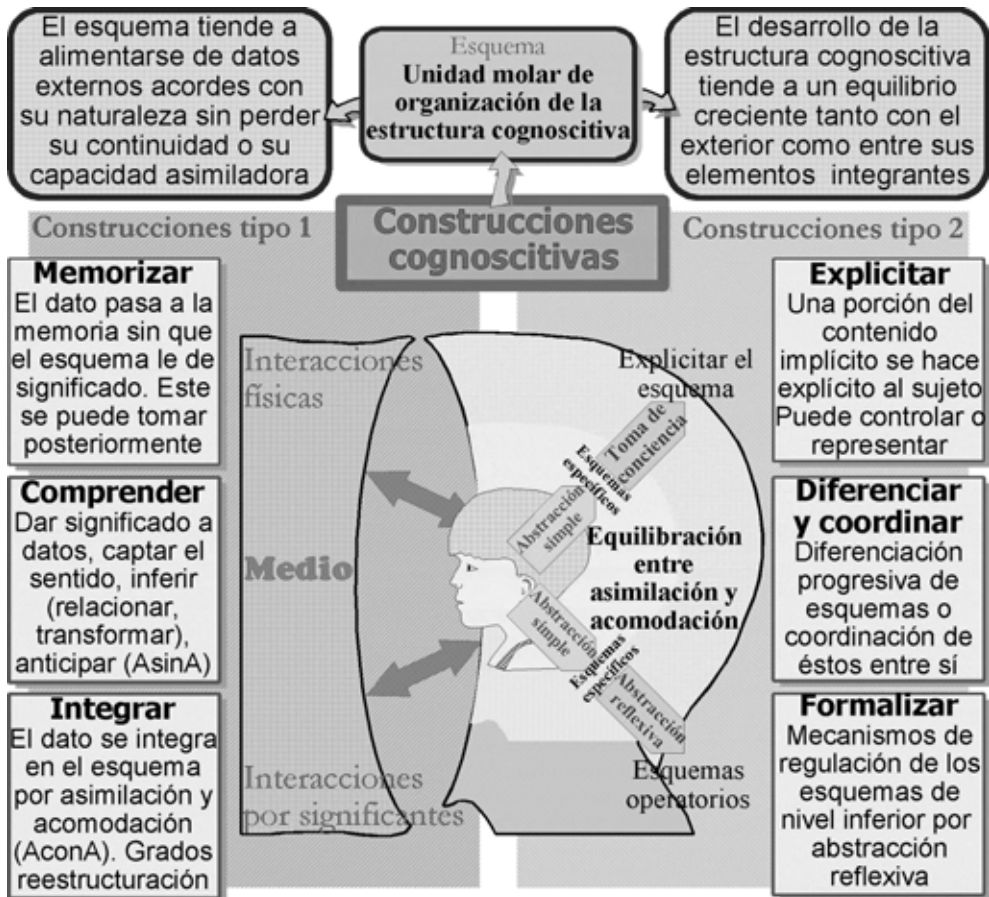
Todo ello genera en el sujeto ciertas destrezas que le permiten prever trayectorias utilizando como indicador la velocidad del móvil, por ejemplo:

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

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

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

- En el primer nivel, estarían los esquemas específicos, es decir, esquemas cercanos al frente donde se producen las interacciones del sujeto con su medio y que se crearían por procesos de abstracción simple o empírica.



- En el segundo nivel, más profundo, sufriendo un nuevo proceso de abstracción desde el primer nivel, estarían los esquemas operatorios postulados en la teoría piagetiana.

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

- Instrumentos del pensamiento figurativo como son los significantes verbales, los signos y símbolos y las imágenes mentales (Piaget, 1980a), caracterizados principalmente por carecer de capacidad transformadora y anticipatoria.
- Esquemas sentimentales (Marina, 1996, Castilla del Pino, 2000). También el sistema afectivo está organizado en esquemas. Aunque no han sido muy considerados en psicología cognitiva, no dejan de ser tan importantes en las construcciones cognitivas por muchas razones, de las que se exponen dos:
 - a) modulan la interacción de los esquemas cognitivos con los objetos según el vínculo afectivo que el sujeto mantiene con ellos. Así, el sujeto apenas interacciona con "objetos que le resultan indiferentes o faltos de valor" o multiplica sus interacciones con aquellos que le son de interés.
 - b) El modo de gestionar los conflictos cognitivos depende mucho de su sistema afectivo. Así, según las relaciones de amor-odio puede aumentar el rechazo hacia el objeto o puede acercarse más intentando una mayor comprensión.

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

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

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

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

proceso de **acomodación** del esquema a lo nuevo. La capacidad asimiladora del esquema con nuevas adquisiciones gana en extensión y precisión.

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

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

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

Las construcciones más usuales de tipo I son:

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

- ***Procesos de asimilación sin acomodación (AsinA)***. En sentido estricto, Piaget opina que si hay asimilación siempre debe haber acomodación por pequeña que ésta sea. Sin acomodación no hay proceso constructivo. Sin embargo, muchos autores

admiten que de este modo el esquema se enriquece y gana en extensión (Pozo, 1989). De cualquier modo existe *AsinA* en el proceso de *comprender*, es decir, dar significado a significantes como a los datos de la experiencia, a los datos perceptivos, a las imágenes, a los signos y símbolos, a los significantes verbales, etc.; o en procesos de *inferir*, por ejemplo, a partir de datos perceptivos, anticipar la comprensión de un texto leído, para completar algo incompleto o lo que sucederá en un fenómeno, establecer relaciones causales, prever el efecto que puede ocasionar determinada causa o el estado final de un sistema en movimiento, etc. También *transformar* la realidad introduciendo en ella, por ejemplo, líneas paralelas y ortogonales o sistemas de referencia, crear un orden en las experiencias, estableciendo correspondencias, clasificando los objetos y sucesos, seriando según una característica, etc., resolver problemas cotidianos que se oponen a la consecución de nuestros fines o los que se plantean en el ámbito académico.

- **Memorización.** Ocurre cuando el dato se inserta como añadido en la memoria sin que exista algún esquema que le haya podido dar significado. Tampoco considera Piaget que esto suponga proceso constructivo pero sí es considerado como tal desde visiones conductistas. En cualquier caso sí que existe acuerdo en suponer que los esquemas intervienen para almacenar y recuperar información en la memoria, hasta el punto de que los datos almacenados a través de un esquema son después "reinterpretados" cuando son recuperados por el mismo esquema pero que ha evolucionado con el tiempo (Davidoff, 1989). El sujeto no es consciente de que modifica los datos almacenados en su memoria de largo plazo (Piaget e Inhelder, 1984).

C2. Construcciones tipo 2.

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

- **Explicitar** el contenido de un esquema de naturaleza implícita y procedimental, al poder ser representado mediante significantes. Cuando estos son verbales al proceso se le puede denominar **conceptuar**. El mecanismo por el que el sujeto toma conciencia de parte del material implícito de un esquema no se puede reducir a un simple esclarecimiento que no modifica ni añade nada, sino que supone construcciones cognitivas que permiten reconocer los medios empleados entre el objetivo de la acción y sus resultados, apreciar las razones de una elección o evaluar los resultados según las modificaciones realizadas, así como establecer vínculos con el material simbólico del sujeto (imágenes, representaciones, significantes verbales, etc) para así volverse el esquema más explícito, representativo y susceptible de evocaciones en extensión (Piaget, 1976). Además, al hacerse representacional, el

sujeto adquiere un mayor control del contenido cognitivo y aumenta la posibilidad de relación con otros (Karmiloff-Smith, 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

- **Diferenciar** varios esquemas desde otro que se ha desarrollado notablemente y **coordinar** entre sí varios esquemas para hacer más efectiva la asimilación. Estos dos procesos se dan tanto en los esquemas específicos como en los operacionales.

- **Formalizar** esquemas operacionales. Por abstracción reflexiva surgen estructuras cognitivas operacionales de nivel superior que actúan como reguladoras de las inferiores (esquemas específicos), compensando desde entonces su actividad asimiladora. El proceso de abstracción reflexiva no acaba en el segundo nivel, pudiendo existir nuevos niveles de abstracción, formando totalidades que autorregulan la actividad asimiladora de los esquemas de niveles inferiores mucho más eficazmente, tal es el caso de las operaciones formales. La abstracción reflexiva conlleva un "proceso de reflexión" en el sentido de una proyección a un nivel superior de lo extraído del nivel precedente (coordinación de esquemas de acción y los mecanismos de regulación de los esquemas del nivel inferior) y un "producto de la reflexión" en el sentido de una reconstrucción o reorganización cognitiva en el nuevo nivel que actuaría desde ese momento como regulador del nivel inferior.

Las construcciones de tipo 2 tienen en común que no son tan dependientes de las interacciones del sujeto con su medio como las de tipo 1. Aunque es condición necesaria que existan construcciones cognitivas de tipo 1 para que se den las de tipo 2, la condición suficiente depende en buena medida de procesos internos del sujeto como son: maduración, calidad y cantidad de las interacciones, tipo de entorno social, su organización y estructura sentimental, tiempo, dedicación e interés interaccionando (reflexionando) con objetos cognitivos de tipo 1, etc.

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

2.2.3. Modelo de enseñanza por descubrimiento dirigido basado en el “*alumno como aprendiz*”

El modelo del *alumno como aprendiz* (AcA), a diferencia de los modelos AcC, no centra su interés en cómo se construye el conocimiento de ciencias para a partir de ahí

hacer implicaciones didácticas, más bien mira cómo construye su conocimiento el alumno para deducir una serie de sugerencias para mejorar la enseñanza de las ciencias. Es por tanto una enseñanza atendiendo más al aprendiz más que a las ciencias, lo cual significa que las sugerencias didácticas se hacen sobre todo considerando cuestiones sobre cómo organiza el alumno su conocimiento y cómo lo aprende.

2.2.3.1. Sugerencias didácticas “alumno como aprendiz”

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

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

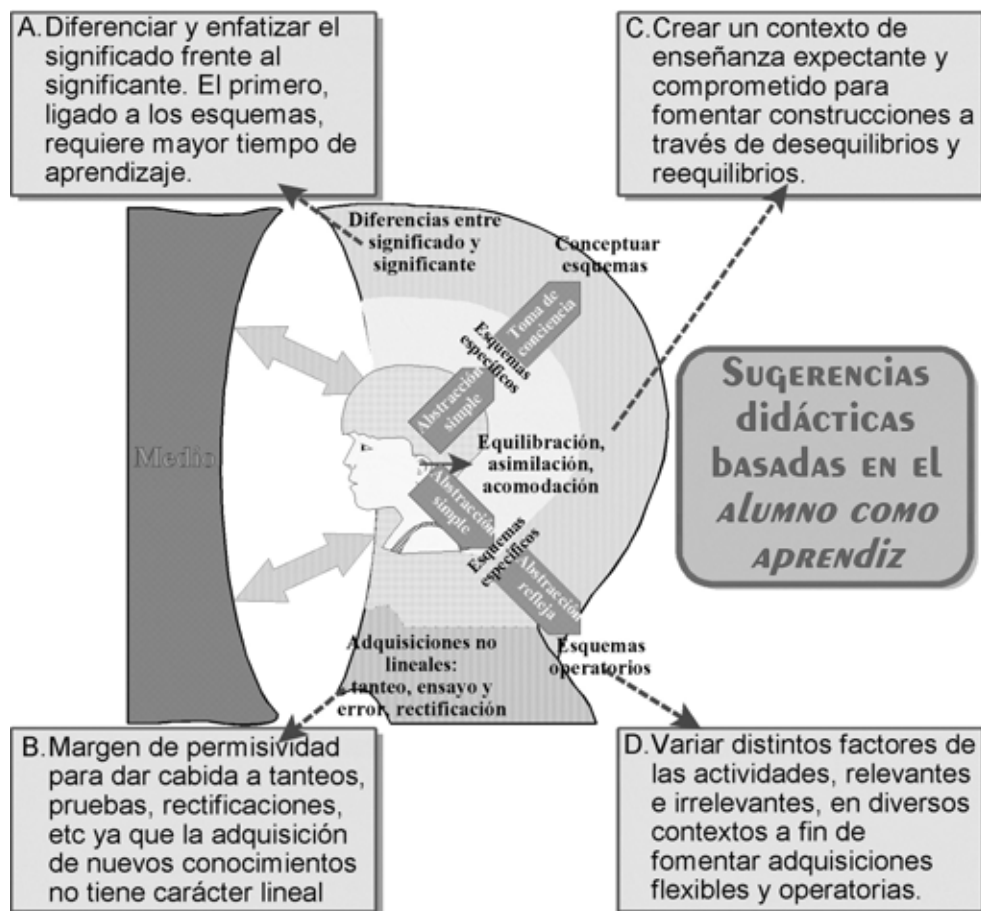
El alumno no aprende del mismo modo los significantes y los significados de un contenido de ciencias (Piaget, 1977a; Claxton, 1987) por esta razón es importante distinguirlos en el contenido que se va a enseñar para tratarlos didácticamente de un modo diferenciado pues ni se aprenden igual, ni se deben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

- Los **significantes** son instrumentos simbólicos que usamos para declarar o transmitir lo que sabemos. Además del significante verbal, existen otros como los gestos, signos, símbolos, imágenes, gráficos, etc.
- El **significado** es el contenido cognitivo que se le asocia al significante. Tal asignación es muy diferente según se refiera a conocimientos socialmente compartidos o al conocimiento individual.

- Cuando es *conocimiento compartido*, el significado está obligado a hacerse explícito y la usual moneda de intercambio cognitivo es el *concepto*. El significado de un concepto depende del contexto y del entramado semántico en el que se inserta. En los diccionarios, el significado de un concepto se perfila mediante otros significantes en combinación con adecuadas reglas gramaticales, aún así, *el significado del concepto, hecho explícito de este modo, queda lejos del significado individual* (Marina, 1998).

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

compartidos, el significado en el conocimiento individual no está tan determinado por el entramado conceptual como por la vivencia interior del sujeto con todo lo relacionado con el significante. En ocasiones, el sujeto puede asignar un significado con todas sus herramientas cognitivas, afectivas y corporales (Marina, 1998; Castilla del Pino, 2000; Pozo, 2001). Pensemos en la convulsión corporal al escuchar un mensaje o noticia.



En la comunicación, lo que "pasa" de una persona a otra son los significantes, después cada cual le asocia unos significados de forma que no necesariamente los significados del emisor del mensaje son los mismos que el del receptor. Usualmente emisor y receptor para un mensaje dado comparten un núcleo de significados, que puede ser mayor o menor en función del contenido, pero en general, estos difieren.

En la clase de ciencias, llamamos *versión declarativa* de un contenido a enseñar, a la descripción estrictamente verbal o escrita del contenido a través de significantes o al mensaje que nos llega cuando el profesor explica. Un problema relevante de la enseñanza de ciencias es conseguir que el alumno realice una asignación de significados lo más amplia, rica y profunda a esta versión declarativa, lo cual, se sabe, no se consigue con la mera explicación del docente. Adquirir esta versión declarativa es relativamente fácil, pero la adquisición de los significados es más laboriosa y requiere una mayor atención en los procesos de enseñanza (Claxton, 1987).

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

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

Sugerencias didácticas

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

1. Fomentar el interés por lo que se le enseña y por las tareas a realizar. Esto permite que el alumno admita mejor las diferentes interacciones propuestas en las actividades y se esfuerce por obtener resultados. Sin este vínculo afectivo, la reconstrucción de significados se verá disminuida. Piénsese en los aprendizajes ricos en significados de los que son aficionados a algo.
2. Intensificar y diversificar las interacciones del alumno con situaciones y objetos tanto cotidianos como novedosos, ligados al contenido objeto de enseñanza. Esta medida resulta muy eficaz en educación infantil y primaria. Las actividades deben contener interacciones donde el alumno sea lo más activo posible, diversificadas y cualitativamente diferentes a las que se puede encontrar en su entorno natural. En particular, se buscarán interacciones con objetos y situaciones que no son frecuentes en su entorno cotidiano, a fin de que éstas supongan un desarrollo y enriquecimiento de sus esquemas en extensión y, por tanto, en capacidad asimiladora.

3. Actividades para extender, socializar y enriquecer los significados.

- Debate en clase donde los alumnos intercambian puntos de vista sobre el contenido enseñado con el fin de ir enriqueciendo y socializando los significados asignados.
- Búsqueda de información en diversas fuentes y elaboración de una síntesis a fin de extender la parte conceptual del significado.
- Aplicación del conocimiento enseñado para realizar ejercicios y problemas.
- Actividades donde el alumno trabaja sólo con significantes, estableciendo correspondencias, buscando significantes en sopas de letras, asociando significantes a gráficos.

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

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

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

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

Sugerencias didácticas

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

medida de su nivel de conocimientos tanto conceptuales como procedimentales. Además, este nivel no es el mismo para toda la clase.

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

Ante una posible adquisición cognoscitiva caben una serie de posibilidades:

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

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

Sugerencias didácticas

En la *fase de perturbación*, ésta puede venir de las interacciones de los esquemas con los datos que le llegan del exterior, de una coordinación deficiente entre los mismos

esquemas o de una deficiente integración de un esquema en totalidades organizadas de la estructura cognoscitiva.

Para lograr en clase estas perturbaciones o conflictos cognitivos se deben plantear situaciones problemáticas en las actividades al alumno. La enseñanza tradicional eminentemente expositiva, impide crear este tipo de perturbaciones. Éstas se consiguen al convertir las partes del contenido en situaciones problemáticas que debe enfrentar el alumno, por eso es necesario crear inicialmente una actitud expectante y de compromiso en éste. Obsérvese que el requisito del desequilibrio no se dará si:

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

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

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

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

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

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

Obsérvese que el control del docente para crear perturbaciones y reequilibrios es indirecto y queda lejos del nivel de control que pudiera existir cuando sólo se pretende que el alumno memorice o comprenda. Por esto, la motivación y las construcciones internas del alumno tienen la última palabra de su aprendizaje por muy buenas condiciones de enseñanza que diseñemos. Es importante cuidar las condiciones afectivas para que el alumno entre con interés al desarrollo de las actividades que le conducen a una adquisición cognoscitiva. Se pueden establecer las condiciones precisas que posibilitan un desequilibrio, pero si no es aceptado como tal por el alumno, porque no está motivado o le falta interés, no hay nada que reequilibrar o lo que es lo mismo, no existe aprendizaje.

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

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

Los esquemas operacionales son construidos por el sujeto en un proceso lento denominado abstracción reflexiva y consiste en la construcción de una subestructura de índole operacional desde reiterados procesos de regulación para lograr el equilibrio de uno o varios esquemas específicos inicialmente desequilibrados por perturbaciones o conflictos cognitivos (Piaget, 1978, p. 33). Ya no se trata, como en el caso de los esquemas específicos, de una abstracción simple que parten de la zona donde el sujeto interactúa con su medio, más bien el punto de inicio de la abstracción reflexiva son los procesos de equilibrio y reequilibrio de los esquemas específicos en su actividad asimiladora para terminar construyendo un esquema operacional que recoge la propia mecánica de reequilibración de varios esquemas específicos. Varios son los aspectos a destacar:

- El esquema operacional surge de la actividad de reequilibración de varios esquemas específicos.
- El esquema operacional ya no se refiere a contenidos específicos de una interacción sino a operaciones mentales que le han servido al sujeto en múltiples procesos de reequilibración, por tanto, el esquema operacional se puede aplicar en una diversidad de contenidos.
- La abstracción reflexiva que lleva al esquema operacional es compleja pues requiere de abstracciones simples para ir construyendo una diversidad de esquemas específicos y de series de reequilibraciones de cada uno de dichos esquemas.

Sugerencias didácticas

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

- La construcción de un esquema operacional es compleja y difícil (esto explica que menos del 20% de la población no alcance las operaciones formales) pues requiere del desarrollo de esquemas específicos y un contexto estimulante para fomentar los desequilibrios en estos esquemas.
- Requiere de una secuencia continuada de conflictos cognitivos ante una diversidad de contenidos específicos.
- Los esquemas específicos generados por abstracción empírica a partir de las interacciones del sujeto con su medio se pueden construir más fácilmente, no así los esquemas operacionales que requieren un proceso constructivo más lento. En el aprendizaje escolar es posible fomentar los esquemas específicos en periodos cortos de tiempo, pero los operatorios requieren de periodos de tiempo mucho más largos (de uno a dos años de aprendizaje coherente con el modelo de construcción de esquemas operacionales). El docente puede crear las condiciones necesarias pero ha de esperar que sea el aprendiz quién por un proceso de reflexión termine realizando la nueva estructura operatoria.

Lo cierto es que si no se crean las condiciones adecuadas en la enseñanza, las operaciones tendrán un desarrollo pobre o simplemente se estancarán (Shayer y Adey, 1984; Marín, 1986). Las construcciones operatorias son difíciles de fomentar pero no imposibles. De hecho, existen diferentes experiencias exitosas (Inhelder y otros, 1975; Shayer y Adey, 1992a, 1992b y 1993), pero *se requiere condiciones de enseñanza coherentes con el modelo piagetiano durante periodos largos de tiempo*.

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

- Las estrategias de enseñanza deben ser consecuentes con el modelo de abstracción reflexiva propuesto por Piaget (1978).
- Se precisa crear unas condiciones de enseñanza que consideren las sugerencias didácticas dadas anteriormente:
 - Actividades para fomentar la construcción de esquemas específicos (A).
 - Actividades procedimentales con un margen de actuación que den lugar a tanteos, rectificaciones, verificaciones, etc. (B)
 - Un tiempo para la reflexión, esfuerzo y reajustes cognoscitivos que posibiliten la activación de la abstracción reflexiva del sujeto. (C)
- Deben existir secuencias de actividades que recojan diferentes *estrategias de variación* de los distintos factores que intervienen en las situaciones problemáticas:

- Variando, más o menos, el valor de una determinada variable significativa de la situación planteada. El alumno debe reflexionar en qué afectan los cambios respecto al estado anterior de la situación.
- Realizando cambios en los factores irrelevantes de la situación de enseñanza sin variar los aspectos estructurales de forma que lo esencial se siga conservando.
- Transformando el estado inicial de una situación física y solicitando previsiones sobre el estado final de ésta.
- Provocando un determinado fenómeno donde subyace una determinada relación causal en la que algunos factores de los que intervienen son difíciles de percibir por el alumno: causa, efecto o la transmisión entre causa y efecto.
- Aplicando las anteriores variaciones en una diversidad de contextos o situaciones de enseñanza diferentes para cada contenido de enseñanza y para los diferentes contenidos. Si las operaciones se generan de la coordinación de las acciones, sería procedente que las condiciones para el desarrollo de cada una de éstas se realizará ante una diversidad de contenidos.

Además de fomentar la construcción de estructuras operacionales, las estrategias de variación pueden servir también para desarrollar los esquemas específicos, puesto que al ejercitarse repetidamente permiten generalizarse a la diversidad de contextos. El resultado académico que se pretende es que el alumno adquiera los contenidos de un modo más flexible, más rico en significados y con posibilidades de ser transferidos a otros contextos. El coste, claro está, es la necesidad de tiempos de aprendizaje mayores para cada contenido.

2.2.3.2. Secuencia de actividades coherente con el modelo MDDaA

Una secuencia de actividades coherente para llevar a la práctica las orientaciones didácticas basadas en el “alumno como aprendiz” es el llamado método de enseñanza por descubrimiento dirigido atendiendo al aprendiz (MDDaA). Hay que aclarar que existen otros MDD fundamentados en el AcC que han sido torpemente confundidos con éste (ver por ejemplo, Jiménez Aleixandre, 2000), sin embargo, tienen un origen y desarrollo didáctico diferente.

El MDDaA sugiere en una secuencia de actividades, instrucciones e información que se rige por las anteriores sugerencias didácticas y por otras que aquí se destacan:

- El diseño de actividades no debe suponer que el contenido se haya enseñado con anterioridad, si así fuera, lo que se está diseñando es una secuencia de actividades de comprobación o evaluación del contenido enseñado. Las actividades del MDD deben desde el principio y paulatinamente ir induciendo o enseñando al alumno las distintas partes del contenido.

- Las actividades por DD se rigen por el principio de que "*todo lo que se le enseñe al alumno, se le impide que lo pueda descubrir por él mismo*" o lo que es lo mismo "*lo que el alumno pueda construir por él mismo no se le debe enseñar*". No significa esto que se deba dejar sólo al alumno en el descubrimiento. Las actividades lo orientan para realizar las construcciones cognitivas que estén a su alcance, en ocasiones el docente le puede aportar claves y, si es necesario, le puede aportar información, si bien, ésta debe reducirse al mínimo, de modo que todas aquellas partes o ideas parciales del contenido a enseñar que puedan ser descubiertas por el alumno se debe evitar que se den expositivamente. Sólo cuando estemos seguros de que la información a enseñar no puede ser descubierta por el alumno, se le dará, y en el momento oportuno que, en general, será después de las actividades que han conseguido que el alumnado adquiriera, hasta donde sea posible, el significado de la información que se le piensa dar

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

- En la enseñanza por descubrimiento es "*mejor enseñar después que antes de la actividad a realizar*", se pretende con esto obligar al alumno a realizar un esfuerzo cognitivo que se vería reducido drásticamente si realiza la actividad sólo para comprobar lo enseñado (Marín, 1984).
- La información que es usual dar en el MDD es la relacionada con una definición más o menos elaborada (densidad, hidratos de carbono, falla, etc.), con un criterio de clasificación (clases de rocas, tipos de alimentos, tipos de palancas), con los significantes científicos que se utilizan para nombrar a las cosas (nombre de los huesos, de los distintos cambios de estado, de los árboles, etc.), etc. Sin embargo, el significado asociado a los anteriores significantes es mejor que el alumno lo construya por él mismo, aunque sea parcialmente. Sólo después de adquirir los significados, se completa la información que sea necesaria o se le da aquella que contiene los significantes científicamente aceptados.
- Las actividades del alumnado deben iniciarse a partir del conocimiento que el alumno posee sobre el contenido a enseñar, por lo tanto aludiendo a situaciones vividas por el alumno en el entorno cotidiano o reconstruyéndolas en clase con situaciones y objetos más académicos. Después, las actividades se dirigen a extender, ampliar, conceptualizar y dar un mayor grado de objetividad a dicho conocimiento, pero siempre con relación a situaciones y objetos ubicados más allá de su entorno cotidiano. La Educación Infantil y Primaria no necesariamente debe tener como meta la adquisición del conocimiento científico preciso o formal, es suficiente que el conocimiento adquirido pueda servirle para conseguir niveles superiores de adaptación a su medio.

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

1. Fase introductoria

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

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

2. Fase de interacción

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

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

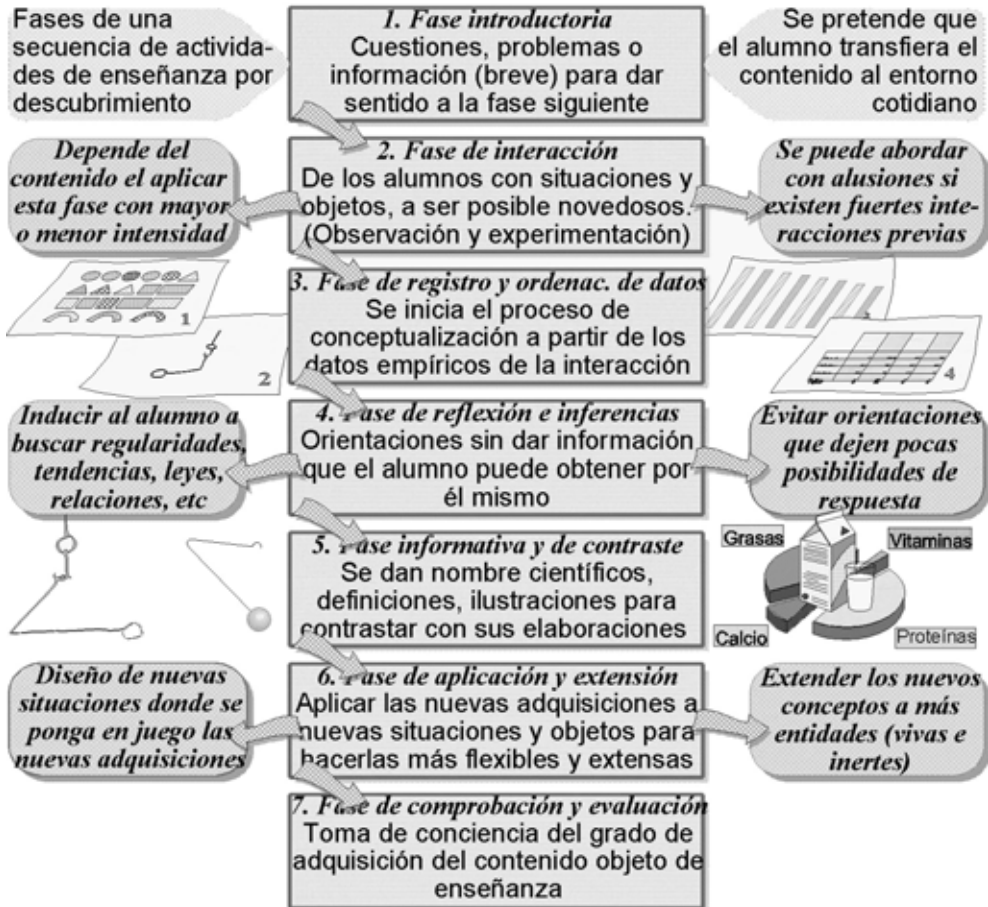
A veces puede ocurrir que en ciertos contenidos como "alimentación", "estaciones", "higiene", etc. sea más rentable e igualmente eficaz, sustituir las actividades de interacción por **alusiones** a experiencias que sabemos posee el alumno, más que llevar a clase alimentos, algunos elementos diferenciadores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

3. Fase de registro y ordenación de datos

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

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

- Dibujar, por ejemplo, cómo puede ser algo que sólo se palpa ("huesos"), cómo puede quedar algo después de hacer tal o cual cosa ("máquinas"), esquemáticamente algo complejo, etc.



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

4. Fase de reflexión, inferencias y conclusión

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

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

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

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

5. Fase informativa y de contraste

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

Es posible que fruto de sus interacciones e indagaciones el alumno haya realizado dibujos de cómo cree que pueden estar dispuestos los músculos, los huesos o el aparato digestivo, en esta fase sería el momento de presentarle láminas con las disposiciones correctas a fin de que el alumno pueda comparar con sus propuestas, realizar revisiones, reflexiones y, finalmente, la admisión de lo más correcto.

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

6. Fase de aplicación y extensión

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

- Si ha aprendido la definición de algunas propiedades de los materiales, sería deseable que hiciera una nueva seriación con 3 ó 4 nuevos materiales.

- Una vez conocidos los nutrientes que componen los alimentos, se le plantea un pequeño problema para decidir si está en presencia de un menú equilibrado.
- Si ha comprendido la función de los grupos musculares más relevantes, se le pide precisar el tipo de ejercicio que tendría que hacer para ir ejercitando cada uno de ellos.
- Comprendida la función de las máquinas simples, se le pide diseñar una para conseguir un determinado objetivo.

7. Fase de comprobación y evaluación

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

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

2.2.4. El conocimiento del niño de educación infantil

Los modos de entender el conocimiento del aprendiz, visto anteriormente, ofrecen un marco general para interpretar mejor el conocimiento del alumno que resulta insuficiente para tomar decisiones concretas en las clases de Medio Natural para Educación Infantil si no se concreta más los diferentes aspectos cognitivos del niño. Si lo que se pretende es mejorar la enseñanza del medio natural, habría que tener información más detallada, como menos, sobre dos aspectos de su conocimiento:

- a) Información sobre los conocimientos específicos que posee el alumnado de los contenidos que se le van a enseñar. Ésta permitiría ajustar las actividades a sus ideas del medio natural que a edades tempranas son, en general, muy globales, locales y egocéntricas intentando hacerlas más analíticas, extensibles y compartidas.
- b) Información sobre las capacidades y limitaciones del alumnado sobre los diferentes procedimientos que se van a usar en clase. Esto haría posible diseñar actividades con un nivel de exigencia semejante a las capacidades del aprendiz.

2.2.4.1. Cómo sondear con tacto el conocimiento infantil sobre el medio natural

Se sabe que el alumno tiene una visión peculiar sobre cómo funcionan las cosas en el entorno natural, y que ésta es la misma que utiliza para entender e interpretar las explicaciones del profesor. Por eso es tan importante conocer lo que sabe el alumno sobre lo que se le va a enseñar. Actualmente tiene poca defensa la antigua creencia de que lo que el niño aprende lo va grabando en su mente como se escribe en un folio en blanco.

Si el docente de infantil, conociendo la importancia de las ideas de sus alumnos, está interesado en tomar información de éstas ¿cómo podrá hacerlo en clase? Lo más usual es hacer un breve cuestionario que usaría como guión para hacer preguntas en clase o, en colaboración con otros docentes, hacer entrevistas individuales. Ahora bien ¿por dónde se deberá comenzar el diseño de un cuestionario?

A. *La importancia del conocimiento de partida del entrevistador*

En primer lugar habrá que tomar conciencia de la dificultad que entraña el proceso “*tomar información de lo que sabe el alumno*”. En general, cualquier medición, por bien que se haga, siempre presenta un margen de error y depende del conocimiento y pericia del medidor que nunca es imparcial o neutral. Pero si se trata de medir conocimiento, el error y la parcialidad es aún mayor pues los resultados de la medida suponen una compleja interacción entre el conocimiento del entrevistado y del entrevistador: el conocimiento de uno determinada el otro de forma que lo más probable es que dos investigadores diferentes obtengan datos y conclusiones diferentes de una misma muestra. Ahora bien, en el entorno de clase, el asunto no es tan dramático como se ha dibujado y será suficiente con tomar cierta información que resulte de interés didáctico. Aún así, será bueno para el docente no olvidar que un cuestionario lo único que hace es determinar el conocimiento de los alumnos que lo responden respecto al conocimiento del constructor del mismo.

Así pues, el punto de partida de este tipo de investigación será admitir que los resultados de un cuestionario siempre están sesgados o distorsionados y lo único que podemos hacer es usar estrategias para disminuir estos efectos (Marín, 1995).

Lo dicho anteriormente pone de manifiesto lo importante que es el *conocimiento de partida del constructor* sobre el contenido que va a ser objeto de investigación. Este determinará el cuestionario que se haga y cómo se interpretan los resultados.

Si se va a sondear el conocimiento del alumno en un contexto de clase, será suficiente que el entrevistador tenga un buen conocimiento del contenido de enseñanza, pero si se trata de una investigación que requiere precisión, este conocimiento resulta insuficiente y será conveniente una documentación bibliográfica más profunda en las dos direcciones que marcan los dos conocimientos más relevantes en la enseñanza: el del contenido a enseñar y el del sujeto que lo va a aprender. La tabla 1 señala sobre qué conocimiento es necesario profundizar.

TABLA 1: CONOCIMIENTOS PARA DISEÑAR UN CUESTIONARIO

SOBRE LA LÓGICA DEL CONTENIDO	SOBRE LA PSICOLOGÍA DEL CONTENIDO
<p>El contenido en los libros de texto</p> <p>Historia (filogénesis) del contenido</p> <p>Estado actual del contenido</p>	<p>Otros estudios sobre el tema</p> <p>Aspectos generales del conocimiento del sujeto: organización, formas de aprender, habilidad procedimental ..</p>

En el curso de la revisión bibliográfica el entrevistador debe evitar el tomar un conocimiento con imprecisiones, pues sería paradójico intentar descubrir los errores y concepciones alternativas del alumno si ya existen en el conocimiento de partida del investigador.

En general, el conocimiento sobre la lógica del contenido sirve para seguir cierta sistemática y no cometer errores conceptuales en el cuestionario, mientras que el conocimiento ligado a la psicología del contenido es útil para adecuar la preguntas al nivel cognitivo del entrevistado.

B. La utilidad de la lógica del contenido a investigar en la construcción del cuestionario

La lógica del contenido que es objeto de investigación se puede usar satisfactoriamente en el proceso de construcción de un cuestionario al menos para resolver dos cuestiones importantes:

B1. Crear cierta sistemática en las cuestiones, situaciones y objetos que se van a poner en juego en el cuestionario

Enfrentar al alumno a cuestiones que giren sobre definiciones (comprensión) de los conceptos involucrados en el contenido, está demostrado que ofrece menos posibilidades al alumnado para expresar su conocimiento que si se le hace interaccionar con la extensión de éstos (Marín, 1994; Benarroch, 1998).

La mejor estrategia es diseñar cuestiones usando objetos y situaciones problemáticas donde se ponga en juego de un modo operativo y práctico los conceptos que integran el contenido, o dicho de otro modo, habría que enfrentar al alumno con la diversidad de fenomenología asociadas al contenido para darle oportunidad a expresar el mucho

o poco conocimiento que pueda tener de éste (ver experiencias piagetianas). Por este motivo, un aspecto del diseño del cuestionario en el que puede intervenir eficazmente el conocimiento del constructor sobre el contenido de enseñanza es para definir una sistemática de los objetos y situaciones que se van a implicar en las preguntas, lo que permitirá un diseño ordenado y homogéneo del cuestionario.

La sistemática de objetos y situaciones debe ser matizada considerando el conocimiento del alumno, así:

- Usar la precisión de los 7 grupos de alimentos lleva a crear un agrupamiento sistemático de alimentos con una complejidad innecesaria ya que el conocimiento del alumno sobre el tema no llega a tanta precisión. Es suficiente hacer la sistemática con los 4 grupos de alimentos que además está más en sintonía con el contenido académico que se va a enseñar.
- Un conocimiento científico de "*seres vivos y seres inertes*" llevaría a poner en juego elementos de frontera como son los virus, sin embargo, resulta más significativo para determinar el conocimiento de sujeto infantil realizar la sistemática sabiendo que el factor movilidad en objetos y situaciones es relevante por la indistinción en esa edad entre motor interno o externo (Piaget, 1978).

En resumen, las listas de objetos y situaciones que versan sobre el contenido deben ser hechas explícitas antes de comenzar a desarrollar el cuestionario. El alumno dará sus respuestas interaccionando más con la extensión del concepto que con su comprensión.

B2. Parcializar el contenido

Una vez que se tiene la lista de objetos y situaciones que van a aparecer en el cuestionario, se debe parcializar o dividir el contenido en partes, de modo que cada parte se convierte en una unidad de búsqueda de conocimiento del sujeto. Véase algunos ejemplos para parcializar contenidos en la tabla 2.

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

- La mayoría de contenidos admiten ser parcializados, tras asociarles la sistemática de objetos y situaciones, según una *diversidad de manifestaciones fenomenológicas*, de modo que se ponga en juego de un modo operativo y extensivo los atributos asociados al concepto o conceptos (ver "*seres vivo, seres inertes*") o los distintos aspectos estructurales y funcionales de la entidad (ver músculos y huesos) o los diferentes comportamientos de la entidad.
- Existen algunos contenidos que admiten bien una *división lógica de las partes que lo componen*. Por ejemplo: *los sentidos*, permite hacer cinco divisiones para cada sentido y quizá una más para un estudio globalizado.

- Cuando el contenido es más procedimental, por ejemplo, *proporciones*, se presta tomar como criterio el número de datos iniciales y las distintas *operaciones* que suponen proporción. También se puede considerar como factor interesante, los distintos ámbitos físicos donde se pueden resolver problemas de proporcionalidad.

TABLA 2: EJEMPLOS PARA PARCIALIZAR EL CONTENIDO

DISTINGUIR SERES VIVO E INERTES	ORIENTACIÓN ESPACIAL
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué entidades tienen funciones propias de ser vivo? • Qué entidades están más vivas que otras? • ¿Depende la categoría de "vivo" de la situación? • Diferenciar las entidades que componen un cuadro • Comportamiento de entidades en situaciones concretas 	<ul style="list-style-type: none"> • Solucionando problemas con trazos imaginarios • Representando objetos que giran • ¿Qué verías si estuvieras allí? • Representación plana de distribuciones • Representación al cambiar el punto de vista
HUESOS O MÚSCULOS	EL PESO COMO FUERZA
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué o quién tiene huesos o músculos? • ¿Dónde están los huesos o músculos? • ¿Para qué pueden servir los huesos o músculos? • ¿Cómo se comportan los huesos o músculos? 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios del peso ante cambios figurativos • Cambios del peso ante cambios de gravedad • Cambios del peso ante cambios de otras propiedades • ¿Qué ocurre cuando oponemos al peso otras fuerzas?

- Un contenido como "*composición de fuerzas*" se puede parcializar según un *orden de complejidad*: fuerzas alineadas, primero de la misma dirección y después opuestas; fuerzas no alineadas, primero se pone en juego la dirección y después el sentido; finalmente se pone en juego ambos factores.

- Si el contenido se refiere a una capacidad cognoscitiva, como es el caso de *orientación* entonces el criterio es parcializar según los tipos de problemas en los que se manifiesta dicha capacidad (ver ejemplo).

Con estos, la lista de criterios para parcializar un contenido no queda acabada; incluso es posible usar como criterio de división los resultados de otros trabajos que han abordado el tema, tomando algunos de sus resultados como hipótesis o realizando réplicas para ser criticados.

B3. Estructurar el cuestionario en tareas

Cada parte en que se ha dividido el contenido se pueden usar como unidad de diseño y desarrollo del cuestionario. A esta unidad le denominaremos tarea de forma que el cuestionario esté formado por la suma de éstas.

La estructura usual de una tarea es la siguiente: parte de una situación problemática donde se pone en juego la parte del contenido asociada a la tarea, de modo que las cuestiones que se plantean al alumno versan sobre dicha situación.

Un orden usual de las cuestiones que componen una tarea es el grado de complejidad: las primeras cuestiones versan sobre los aspectos más sencillos que se pueden plantear de la situación problemática haciendo paulatinamente más complejas las últimas; es como hacer una escala graduada para una regla que mide alturas. También es usual conseguir el gradiente de complejidad a través de la lista de objetos y situaciones que se ponen en juego en la tarea.

Así descrita, la tarea puede verse como la unidad de búsqueda de un aspecto del conocimiento que posee el alumno sobre el contenido académico.

C. Catálogo de técnicas para diseñar las preguntas de una tarea

Existen muchos modos de formular las preguntas al alumno. Dependiendo del tipo de dato que obtiene y el modo de tratarlo para ser registrado y computado, he aquí un catálogo de técnicas para diseñar preguntas:

- ***El dato registrado e interpretado coinciden***: son preguntas tipo test (de opciones múltiples) o de respuesta escalada donde el dato no requiere ser interpretado por el investigador. Las respuestas a este tipo de preguntas son las más fáciles de registrar pero se deja muy poco margen al conocimiento del alumno para responder. Su uso es adecuado en contadas ocasiones.
- ***El dato registrado coincide con el elegido por el sujeto y el interpretado supone una valoración en términos de correcto/incorrecto***: son preguntas cuyas respuestas requieren ser valoradas dicotómicamente (correcto/incorrecto) para ser registradas. El margen que dan para que el alumno exprese su conocimiento sigue siendo bajo por lo que pueden ser adecuadas para exámenes y no tanto para cuestionarios.

- **Para registrar el dato es necesario ser categorizado previamente:** esto significa que se ha dado mucho margen para dar la respuesta, por ejemplo, un dibujo, una texto explicativo, una manipulación, etc., y sólo se puede registrar el dato para su computo con otros mediante una previa categorización. Esta técnica es la más adecuada para usar en cuestionarios destinados a sondear el conocimiento del alumno.

El dato registrado e interpretado coinciden

- Marca con una cruz lo que sueles hacer al estudiar.
 - Intento resumir lo importante..... [1] [2] [3]
 - Subrayo lo más relevante..... [1] [2] [3]
 - Busco palabras que no conozco..... [1] [2] [3]
- Elección escalar**
- Marca con un "I" lo que mejor refleje tu opinión sobre la evaluación:
 - Mala 1 2 3 4 5 Buena
 - Inútil 1 2 3 4 5 Util
 - Injusta 1 2 3 4 5 Justa
 - Subjetiva 1 2 3 4 5 Objetiva
- Reconocer patrones**
- ¿Cuántas formas simples ves en el dibujo?
 - Forma simple

El dato registrado coincide con el elegido por el sujeto y el interpretado supone una valoración en términos de correcto/incorrecto

- En qué estación del año suele llover más:
 - a) Primavera
 - b) Verano
 - c) Otoño
 - d) Invierno
- Opciones múltiples**
- Elige la figura adecuada
 - Seriar sin criterio
- ¿Qué alimentos son los más energéticos?
 - Tomate
 - Manzana
 - Helado
 - Azúcar
 - Almendras
- Listar con criterio**
- Pon la letra adecuada en el lugar que tú creas.
 - Corresp. gráfica
- Elige la figura adecuada
 - Buscar criterio
- Ordena los siguientes materiales del más duro al menos duro: Latón-vidrio-madera-roca
 - Seriar con criterio
- Une con flechas el sitio donde está cada músculo:
 - Escaleno Espalda
 - Triceps Pecho
 - Biceps Muslo
 - Pectoral Brazo
 - Dorsal Cuello
- Correspondencias**
- ¿Qué efecto tiene la caída del objeto en el material?

	Desde mesa	Desde techo
Hoja de papel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plástico de bote	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tablero madera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Tablas**

Para registrar el dato es necesario categorizarlo previamente

- ¿Darás la bola amarilla a la bola roja?. Dibuja el recorrido.
 - Items gráficos
- El ciclista A pesa 40 kg y el ciclista B, 60 kg ¿realizan el mismo esfuerzo por 2? ¿Por qué?
 - Cuestión
- Si tienen que frenar ¿cuál hace más fuerza?

En el plano, ¿por qué?	Bajando en el punto 3 ¿?
Subiendo en el punto 2 ¿?	Y si A va cargado ¿?
- Cuestiones**
- Pon al muñeco sobre una pierna sin que se caiga. E.I. Después lo pones sobre un brazo. E.I.
 - Entrevista

2.2.4.2. Orientaciones y estrategias para diseñar el cuestionario atendiendo al conocimiento del alumno

Resulta útil al investigador tener en cuenta, junto a las sugerencias dadas desde la lógica del contenido, otras sobre el conocimiento del alumno que van a permitir un diseño del cuestionario más acomodado al entrevistado y así evitar que los sesgos y distorsiones sean mayores. Concretamente, puede ser de utilidad:

- Conocer los resultados de otras investigaciones sobre las concepciones específicas de los alumnos del contenido objeto de enseñanza. O dicho de otro modo, si ya existe datos sobre lo que uno quiere investigar, habrá que conocerlos y tenerlos en cuenta.
- Conocer una buena teoría que haya estudiado con detalle y fundamento el conocimiento del alumno. Una teoría que tenga respuestas fiables sobre cómo organiza y cómo adquiere el alumno su conocimiento. Esta puede aportar orientaciones y estrategias, no sólo para diseñar el cuestionario, sino también para saber cómo interactuar el investigador con el alumno a fin de evitar los sesgos y distorsiones tan usuales en este tipo de investigación (Marín, Jiménez Gómez y Benarroch, 2004).

Sobre la primera información, relacionada con el conocimiento específico del alumno, todo dependerá del contenido elegido y de la disponibilidad de trabajos sobre el tema. Respecto a la segunda información, relacionada con una teoría sobre la cognición del alumno, con anterioridad se ha apostado por el marco del **CONSTRUCTISMO ORGÁNICO** y, para los detalles del marco, por la teoría de Piaget. Tomando ambos como fundamento, se ha desarrollado en la **TABLA C** una serie de orientaciones y estrategias para sondear el conocimiento del alumno con tacto.

TABLA C. ESTRATEGIAS PARA TOMAR INFORMACIÓN COGNITIVA DEL ALUMNO

MENOS ADECUADO	MÁS ADECUADO
<p>Tomar como referente o criterio un conocimiento lejano al del alumno (adulto, ciencias, académico) para sondearlo o interpretarlo. En tal caso, aumentan los sesgos y distorsiones que se producen al interactuar los conocimientos entrevistador-entrevistado.</p>	<p>El constructivismo orgánico advierte que no se pueden evitar los sesgos al sondear al alumno, pero es posible tomar medidas para minimizarlos. El modo de interactuar con el alumno debe estar orientado por un contexto cognitivo cercano a éste.</p>
<p>Los modelos mecanicistas, que perciben la mente como procesador simbólico o como estructura conceptual, son contextos pocos adecuados para sondear al alumno por las siguientes razones:</p> <p>Llevan a enfatizar las manifestaciones conceptuales del alumno en la creencia que estas recogen casi todo lo que él conoce.</p> <p>Se enfatizan los significantes sobre los significados en la creencias que éstos últimos se pueden reducir a definiciones formadas por una suma de significantes ligados por unas reglas gramaticales.</p> <p>Es inadecuado enfrentar al alumno a una serie de preguntas directas sobre los diferentes contenidos académicos sobre los que se quieren indagar.</p> <p>La combinación de , y habilita como mejor técnica, usual en estos contextos, el cuestionario de preguntas en un formato que se parece demasiado al de un exámen de los contenidos de una materia, donde el alumno debe responder a unas preguntas.</p>	<p>Un contexto cognitivo adecuado será aquel que haya estudiado con detalle la organización cognitiva y el aprendizaje del aprendiz tal como una teoría psicológica que esté en el marco del constructivismo orgánico. Tal es el caso de la teoría de Piaget. Veamos detalles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El alumno dará una imagen más completa de lo que conoce si junto a las manifestaciones conceptuales se solicita otras procedimentales sobre su saber hacer (dibujos, manipulaciones, paralenguaje ..) • El significante puede ser equívoco, por lo que es mejor centrarse en el significado y poner recursos para que se manifieste el alumno en toda su extensión: solicitar previsiones, explicaciones, relaciones, el sentido de un dato . No enfrentar al alumno a preguntas sino a situaciones que haberá resolver. • El cuestionario impone el conocimiento del entrevistador al entrevistado dando poca oportunidad a éste para manifestar lo que sabe. Es mucho mejor la entrevista por su dinámica interactiva y dialogante .

ESTRATEGIAS QUE CONCRETAN LAS ORIENTACIONES MÁS ADECUADAS

<p>ESTRATEGIAS DE CONFRONTACIÓN:</p> <p>La implicación cognitiva del alumno se logra con preguntas expectantes o de confrontación que provoquen reto, conflicto, en definitiva, desequilibrio cognitivo. Ejemplo tipo: se enfrenta al alumno a una situación concreta donde se solicita previsiones sobre qué sucederá si se provoca tal o cual acontecimiento, una vez realizada la experiencia se le solicita explicaciones enfrentando sus previsiones a la evidencia. Esto se llevaría a cabo en un contexto de entrevista individual.</p> <p>ESTRATEGIAS DE VARIACIÓN: son 5:</p> <p>Variación contextual: se enfrenta al alumno a situaciones o fenómenos donde se manifiesta de forma variada el contenido que se investiga.</p> <p>Variación de factores relevantes. Para cada contexto el cambio de los factores relevantes de cada situación generará nuevas preguntas.</p>	<p>Variación de factores irrelevantes. Para cada contexto el cambio de los factores irrelevantes de cada situación generará nuevas preguntas. Son irrelevantes porque no afectan al resultado. Por ejemplo, el cambio de forma de la plastilina no cambia su cantidad.</p> <p>Variación del grado de dificultad. Para cada situación habría que diseñar preguntas de dificultad creciente, además de la variación de factores ya comentada. Para esta variación es bueno tener la imagen de una regla con "rayitas" equidistantes en toda su longitud. Aprovechando la imagen de la regla ¿qué sucede si faltan rayas por la parte baja?</p> <p>Variación en la edad de la muestra para que la información que se obtenga sea válida en clase. Esto permitirá hacer aproximaciones sobre qué edad es más adecuada para introducir un contenido, de qué manera habría que presentarlo o qué dificultades se podrían encontrar.</p>
---	--

2.2.4.3. Capacidades y limitaciones procedimentales en el alumno de Educación Infantil

Este apartado se va a desarrollar apoyándose en los trabajos de Piaget con niños sobre procedimientos porque son los más completos y fundamentados y, además, porque son coherentes con el **CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO**. En un primer momento, se exponen los estadios o niveles de conocimiento por los que pasan los niños, para finalizar con una selección de experiencias donde se pone en evidencia las capacidades y limitaciones del alumno de infantil en procedimientos científicos tales como observación, clasificación, seriación, medición, etc. Los niveles aportan el marco cognitivo para ordenar y explicar las diferentes reacciones de cada nivel, a la vez que las experiencias ilustran las manifestaciones concretas de los sujetos de cada nivel.

A lo largo de su obra, Piaget realizó algunas modificaciones sobre la delimitación de los estadios. A efecto de presentar las experiencias piagetianas, se va a utilizar la última que realizó en 1971, donde el vocablo estadio se sustituye por el de nivel. La secuencia de niveles caracterizados con algunos indicadores es como sigue:

- Nivel IA (4-5 años): El pensamiento egocéntrico puede más que la evidencia experimental, animismo, artificialismo.
- Nivel IB (5½-6 años): Detecta algunas contradicciones y realiza tanteos para encontrar soluciones, pensamiento intuitivo.
- Nivel IIA (7-8 años): Formación de operaciones concretas y de las primeras conservaciones.
- Nivel IIB (9-10 años): Maduración de las operaciones concretas, conservación del peso, coordenadas naturales del espacio.
- Nivel IIIA (11-12 años): Operaciones proposicionales, combinatoria, grupo INRC, coordinación de sistemas de referencia.
- Nivel IIIB (12-15 años): Equilibración y generalización de las reacciones del nivel IIIA.

La realidad escolar española muestra cierto atraso respecto a las edades propuestas por Piaget para alcanzar los diferentes niveles, así el nivel IIA se alcanza más bien sobre los 8-9 años mientras que el nivel IIIA se comienza a apreciar una muestra significativa sobre los 13-14 años. No más de 20% de la población estudiantil alcanza el nivel IIIB. Según esto, el niño de educación infantil se encuentra en los niveles IA y IB. Es posible que existan algunos sujetos infantiles en operaciones concretas, por lo que se describe hasta este nivel cognitivo. Si se quiere ampliar sobre el tema se sugiere, por ejemplo: Nicolás, 1978 y Richmond, 1980.

NIVEL IA

El pensamiento del niño de este nivel es esencialmente egocéntrico, entendiendo éste como la primacía de la autosatisfacción sobre el reconocimiento objetivo, distorsionando la realidad para mantener el punto de vista propio. Esto le lleva a mantener declaraciones relativas a una situación dada aunque estén en contradicción con la evidencia de los datos empíricos que aporta ésta (exp. 8). Cuando el niño intenta explicar los distintos fenómenos y accidentes naturales, el *egocentrismo* se manifiesta de dos modos bastante curiosos: a) *animismo*, o creencia de que ciertos cuerpos inertes tienen vida y es a través de éste como explica el comportamiento de los objetos y b) el *artificialismo*, cuando afirma que han sido personas las que han construido los distintos accidentes geográficos, montañas, ríos, lagos... y las que provocan los fenómenos atmosféricos, aunque para ello deban asignarles poderes especiales.

Su capacidad de observación está limitada, por un lado, por lo que se denomina *representación estática* que resulta de la incapacidad para operar con la suficiente flexibilidad con las representaciones mentales como para comprender que en una transformación sobre una distribución espacial de objetos, lo único que cambia es la disposición de éstos ya que sólo capta las fases estáticas de la transformación (exp. 1), y por otro, por el fenómeno cognitivo denominado *centramiento* que ocurre cuando la atención se centra en el factor de la situación que más llama la atención pasando los demás inadvertidos (exp. 3).

En el plano del razonamiento, dado que en este periodo realiza sus primeras asociaciones con representaciones mentales (exp. 4), es lógico encontrar en sus razonamientos ciertos problemas como la *transducción* cuando liga causalmente situaciones o actitudes que nada tienen que ver entre sí, p.e. ante un coche de juguete que cambia de dirección, "ves, por eso hay un hombre dentro", la *yuxtaposición*, cuando reconoce las partes de un objeto compuesto pero no detecta la conexión entre ellas, p.e. cita las partes de su bici pero no sabe cómo están relacionadas entre sí, y el *sincretismo*, cuando relaciona elementos que pertenecen a objetos o situaciones diferentes.

Todo ello marca la actitud científica preoperacional ante dificultades, ya que sin recursos operatorios que le permita asimilar y ordenar los datos empíricos que le aportan los continuos ensayos y errores no puede por tanteos sucesivos ir acercándose a la solución, siendo su conducta más significativa cambiar de asunto o de opinión o requerir ayuda externa sin que esto le produzca ningún conflicto interior. El niño de este nivel se atiene más a gustos y preferencias que a criterios más racionales.

NIVEL IB

El desarrollo del lenguaje de una parte y la copiosa interacción tanto social como natural por otra, permite al niño poner en juego un pensamiento intuitivo fruto de

cierta movilidad y articulación de las representaciones mentales que le permite flexibilizar sus reacciones ante el medio en un intento de acomodarse a éste.

Se aprecian ciertos progresos clasificando (exp. 4) y seriando (exp. 6). El animismo sólo actúa sobre cuerpos que se mueven y sus razonamientos denotan que ya no es tan marcado su egocentrismo, sin embargo, su pensamiento sigue siendo esencialmente irreversible ya que se ha formado a partir de la interiorización de acciones cuya ejecución transcurren en un único sentido (exp. 3), lo cual lo limita a realizar transformaciones mentales paralelas a como ocurren las acciones realmente sin otra posibilidad de operar.

El comportamiento más característico de este nivel está marcado por su *pensamiento intuitivo*: si bien las reacciones iniciales ante un problema planteado son semejantes a la de los sujetos del nivel anterior, después motivado por las contradicciones frente a los datos empíricos, intenta modificar su postura inicial a fin de acomodarla a dichos datos, llegando incluso tras algunos tanteos sucesivos y por aproximaciones sucesivas a soluciones que son propias del nivel siguiente.

NIVEL IIA

El cambio básico que se produce en este nivel y que determina una estructura cognitiva más estable y equilibrada que la preoperacional reside en la capacidad para representar mentalmente la acción invertida de aquella que ha sido asimilada tal y como ocurre realmente (exp 2), esta reversibilidad mental permite al sujeto realizar operaciones mentales definidas como acciones interiorizadas y reversibles interrelacionadas entre si formando un sistema cerrado.

La reversibilidad operatoria posibilita la reconstrucción mental de las acciones, tanto las que lleva el sujeto sobre el medio como las que se producen actuando unos objetos sobre otros. Esta reversibilidad permite al sujeto realizar anticipaciones y, en la medida que la acción se puede llevar mentalmente de su estado final al inicial, permite comparar los estados y reconocer si algún factor es invariante (exp 2, 3, 7), es decir, si se ha dado alguna conservación. Esto permite, por un lado, realizar las primeras previsiones en situaciones donde entran en juego relaciones sencillas de causa-efecto o relaciones espacio-temporales y por otro, evaluar con resultados satisfactorios un buen número de situaciones dinámicas, distinguiendo los factores cambiantes de aquellos que se conservan, a la vez que puede asimilar factores que van más allá de los puramente figurativos de una situación estática.

La reversibilidad operatoria se manifiesta de dos modos según el dominio físico sobre el que actúe:

a) en el caso de las inclusiones entre clases de elementos discontinuos, donde se realiza una acción opuesta que contrarresta la primera acción (exp. 4, 5), la reversibilidad se denomina inversión,

b) si de lo que se trata es de realizar una segunda acción que compensa sin contrarrestar la primera, como es el caso de relaciones entre variables continuas como longitud, sección, altura... (exp. 3, 6, 9), se denomina reciprocidad.

La nueva capacidad operatoria del sujeto permite abordar satisfactoriamente un número de problemas mayor de los que se podían resolver con los esquemas preoperacionales.

Estas nuevas reacciones dejan entrever la utilización sistemática de operaciones mentales que son semejantes a las operaciones que definen un grupo matemático, y dado que no poseen todas las propiedades de grupo se les denomina agrupamiento que consta de las siguientes operaciones (A, B, C son clases que están relacionadas: $A+A'=B$ y $B+B'=C$):

1. transitividad: si $A \subset B$ y $B \subset C$, entonces $A \subset C$, lo cual expresa la coordinación psicológica de las operaciones;
2. inversión: si $A+A'=B$ es cierto también lo es $B-A'=A$ o $B-A=A'$, lo cual equivale en el plano psicológico a la reversibilidad operatoria;
3. asociatividad: $(A+A')+B'=A+(A'+B')$, representa la posibilidad de llegar por caminos diferentes a un mismo resultado;
4. identidad: $A+0=A$ como resultado de no ejecutar operación alguna y
5. tautología: $A+A=A$ ó $A+B=B$.

Aclaraciones sobre los experimentos piagetianos

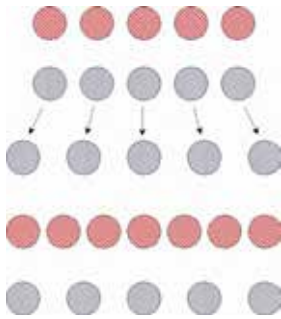
El resumen que muestra cada página no siempre recoge un solo experimento, algunos contienen varios (por ejemplo, el nº 3) a condición que traten sobre el mismo procedimiento. A veces las reacciones más interesantes del sujeto frente a un determinado experimento se centran en determinados niveles ya que en otros, el problema planteado queda lejos de ser resuelto o es demasiado evidente para los niños, por lo que los resúmenes se han centrado en los niveles cuyas respuestas son más significativas.

Aunque no siempre se ha conseguido, se ha procurado sustituir las expresiones reiterativas y complejas, tan frecuentes en Piaget, por otras más sencillas y claras, procurando no perder información relevante en este proceso.

A continuación se exponen 10 resúmenes de algunas experiencias realizadas por Piaget y colaboradores sobre capacidades y limitaciones de los niños para diferentes procedimientos propios de la actividad científica.

EXPERIMENTO N° 1: LA OBSERVACIÓN (I)

GÉNESIS DEL NUMERO EN EL NIÑO (1941), GUADALUPE, 1982, PP.94-106



Se construye una fila modelo con ocho fichas azules equidistantes entre sí, después se le dan al niño ocho fichas rojas para que construya una fila igual a la modelo. A continuación el experimentador reduce o aumenta la distancia entre las fichas rojas, preguntando al niño: ¿qué hay más, fichas azules o fichas rojas?, ¿por qué? Si la respuesta es de igualdad, se le hace prestar atención en las diferentes longitudes que tiene cada fila, planteando nuevamente la misma cuestión. El problema se le puede plantear de otro modo: la fila roja tiene más fichas que la azul pero se procura que las fichas de los extremos de una fila estén enfrentadas con las de la otra y se hacen las mismas preguntas.

NIVEL IA

El sujeto presenta de entrada ciertas dificultades para componer la fila modelo. Se evalúan las dos hileras a partir de una percepción globalizada, bien de la longitud de la fila, o bien de las diferentes separaciones entre las fichas. Cuando el niño se centra en la longitud responde: "hay más en esta fila, pues es más larga", y si se centra en la separación: "ésta tiene más, ya que está más apretada" y lejos de mantener sus apreciaciones sobre el número de fichas, alterna sin que le suponga contradicción los dos tipos de declaraciones. No existe compensación entre la longitud de la fila y la distancia entre fichas, si bien hay sujetos que intentan relacionar los dos factores al mismo tiempo. Su representación estática de lo que percibe le impide ir más allá.

NIVEL IB

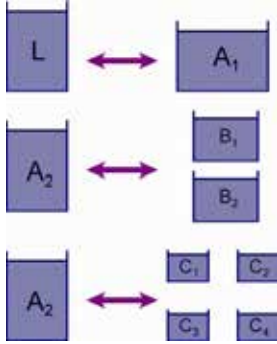
El niño ya sabe copiar la fila modelo realizada por el experimentador, procurando que su fila esté enfrentada término a término con éste; se trata pues de una simple construcción perceptiva. Pero cuando la distancia entre fichas se altera, bien acortándola o bien ampliándola, y desaparece toda coordinación entre longitud y distancia entre las fichas en el plano perceptivo, le crean ciertas contradicciones entre sus declaraciones y los datos perceptivos que hacen que el niño ponga en juego sus reglajes intuitivos llegando por momentos a posturas de igualdad que desaparecen cuando el experimentador modifica nuevamente la distribución de las fichas de una fila. Estas reacciones no son operatorias sino simples reglajes intuitivos.

NIVEL II

El niño se libera de las limitaciones perceptivas impuestas por la situación planteada, de modo que establecida la compensación entre longitud y distanciamiento, debido a la utilización de esquemas conservadores, ésta se mantiene a pesar de las posibles transformaciones figurativas; dicha compensación se realiza de forma sistemática. Las respuestas de los sujetos se pueden clasificar en tres grupos, que coinciden con tres tipos de operaciones, propias del nivel de operaciones concretas: a) identidad: "no se ha quitado ni añadido ninguna ficha", b) reversibilidad: "se pueden nuevamente juntar las fichas y ver que es la misma fila", y c) compensación: "aquí, la fila de las azules es más larga, pero están más separadas"

EXPERIMENTO Nº 2: LA OBSERVACIÓN (II)

GÉNESIS DEL NUMERO EN EL NIÑO (1941), GUADALUPE, 1982, PP 19-41



Se le presentan al sujeto dos vasos: A1 y A2 de igual tamaño y con la misma cantidad de agua; se vierte el agua de A2 en L, preguntando a continuación ¿dónde hay más agua, en A1 o en L?, si considera que hay la misma cantidad de agua se le pide que centre su atención en las diferentes alturas para comprobar si mantiene su declaración anterior. Después se vierte el contenido de A2 en dos recipientes más pequeños e iguales entre sí: B1 y B2, preguntando ¿dónde hay más agua, en A1 o en B1+B2?. Para terminar se pasa el contenido de B1 y B2 a 4 vasos aún más pequeños e iguales entre sí: C1, C2, C3 y C4, pidiendo al niño que compare A1 con C1+C2+C3+C4 con el fin de indicar donde hay más cantidad de agua.

NIVEL IA

Para los sujetos de esta etapa la cantidad de líquido aumenta o disminuye según la forma del recipiente o el número de estos. Las razones de no conservación más típicas son: "aquí (L) hay más, pues el agua llega más alto", aunque es probable que en una nueva operación el niño admita que hay más líquido en A1, porque "es más ancho", por otras razones en B1+B2 para unos hay más pues "son dos vasos, mientras que éste (A1) es sólo uno" o bien, para otros, hay menos ya que "hay poca agua en los pequeños (B1 y B2)". En definitiva, los datos perceptivos determinan las declaraciones del sujeto y éstas no son estables en el tiempo ya que son modificadas según nuevos aspectos figurativos de cada situación.

NIVEL IB

En la primera cuestión comienzan como los sujetos del nivel IA, llenan la vasija L a la misma altura que A1, después de algunos tanteos caen en la cuenta que en A1 hay más cantidad ya que es más grueso que L y vierten más líquido en L, después, la mayor altura de L les hace dudar, llegando después de algunos tanteos a soluciones cuasi conservadoras propias del nivel II. Tratan de coordinar la altura y la anchura intuitivamente, pero sólo logran tener éxitos parciales después de tanteos. Algunos llegan a posturas de conservación ante la división de A2 en los recipientes B1 y B2, pero si se continúa el proceso de repartición en C1, C2, C3 y C4 no admiten la igualdad en la cantidad de agua.

NIVEL IIA

De primera intención los sujetos de este nivel admiten la conservación de la cantidad del líquido en todos los transvases realizados, con manifestaciones que denotan lo simple y evidente que les resulta la solución. Esto lo consiguen de distintas formas: coordinando y compensando la longitud con la sección, componiendo las partes correspondientes al todo invirtiendo la acción mentalmente: "si de nuevo se echara el contenido de B1 y B2 en A2 habría la misma cantidad de agua", o bien, utilizando sistemáticamente la operación identidad, consistente en admitir que "no se ha añadido ni quitado nada, por lo que hay la misma cantidad".

EXPERIMENTO N° 3: LA OBSERVACIÓN (III)

EL DESARROLLO DE LAS CANTIDADES FÍSICAS EN EL NIÑO (1941), NOVATERRA, 1971, PP 33-108



Se le da un trozo de plastilina al niño, con el fin de que confeccione una bola igual que una modelo; admitida la igualdad, se procede a deformar una de las bolas tomando forma de galleta, salchicha, trocitos. En cada transformación se le hacen preguntas sobre la posible conservación de la cantidad de materia, peso y volumen (por este orden), después de sus declaraciones se le pide que las constate haciendo las deformaciones que desee en el caso de la cantidad de materia, con una balanza para el peso y con varias probetas llenas de agua para el volumen. Después de las constataciones se le solicita nuevas explicaciones. Para ver si mantiene su postura conservadora se hacen transformaciones cada vez más acusadas.

NIVEL I

Los sujetos de este nivel se caracterizan por la ausencia de conservación de las tres cantidades en juego. Sus respuestas están dominadas por lo perceptivo, de manera que, por ejemplo, cuando el niño se centra en el largo de la salchicha, considera que hay más plastilina y menos si hay centramiento sobre la finura. Se aprecia un progreso en los sujetos del nivel IB, ya que para la cantidad de materia admiten la conservación de ésta después de ciertos tanteos y deformaciones seriales de la pasta, sin embargo, al no ser una conservación operativa no es estable y se pierde ante cambios de forma exagerados como alargar la forma alargada de plastilina hasta que se haga muy delgada o hacer un número grande de trocitos.

NIVEL IIA


Se admite la conservación de la cantidad de plastilina, independientemente de la forma que se le dé a ésta. Las respuestas de los niños ponen de manifiesto lo evidente que les resulta esta primera cuestión, ya que están poniendo en juego, de forma sistemática, una serie de operaciones mentales recién adquiridas, como son: la identidad, la compensación y/o la reversibilidad. Sin embargo, no admiten la conservación del peso y el volumen ante cambios de forma, observándose en sus respuestas reacciones típicamente preoperatorias como son la de llegar por momentos a posturas conservadoras después de algunos tanteos y constataciones y el no mantener éstas ante nuevas transformaciones.

NIVEL IIB

Una de las distinciones más importantes entre este nivel y el anterior es que en este último se admite, de entrada, la conservación del peso, utilizando los mismos argumentos que los que han utilizado los sujetos del nivel IIA para la conservación de la cantidad de plastilina, sin embargo, de nuevo se aprecia reacciones preoperatorias en estos sujetos en el caso del volumen y hay que esperar al nivel formal para que ésta se admita. Desligar el volumen de su aspecto figurativo y del peso requiere del pensamiento formal, al separar las distintas variables ligadas al volumen y operar mentalmente con cada una de ellas por separado. Actividad que les lleva también a la adquisición de la densidad relacionando la masa con el volumen.

EXPERIMENTO N° 4: LA OBSERVACIÓN (IV)

LA GEOMETRIE SPONTANEE DE L'ENFANT (1948), P.U.F., PARIS, 1948, PP.122-139



Una de las barras se adelanta un poco
¿Son ahora igual de largas?

La experiencia consiste en mostrar dos barras rectas y paralelas de la misma longitud, haciendo que sus extremidades coincidan, después de constatar que los encuestados admiten el emparejamiento de los extremos, se hace avanzar ligeramente una de las dos barras en la dirección de su longitud y manteniendo el paralelaje con la otra (de 1 a 2 cm para barras de 5 cm) y se vuelve a hacer preguntas a los sujetos relativas a la longitud de las dos barras, tales como ¿son ahora las dos barras igual de largas?. Si la respuesta es de no igualdad, entonces se le pregunta ¿por qué ahora ésta es más larga que esta otra?

NIVEL IA

La mayor parte de los sujetos de este nivel siguen con la mirada el extremo de la barra que se desplaza, sin ocuparse del retroceso progresivo del otro extremo, y juzgan de este modo como más larga ésta, algo natural si tenemos en cuenta que en estos niveles el desplazamiento es concebido como un simple cambio de orden. Ahora bien, si se centran en el extremo adentrado, ven la barra más pequeña. Algo similar ocurre para evaluar el camino recorrido que tan sólo se hace por el orden de llegada de los móviles, sin referencia a los puntos de partida y a los intervalos comprendidos entre ellos. En ausencia de esquemas de carácter operatorio, no existe un sistema de referencia independiente de los acontecimientos presentes.

NIVEL IB

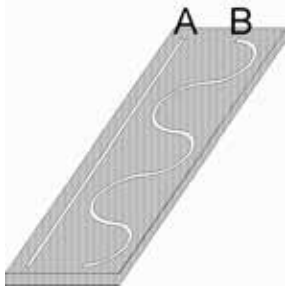
Se parte de posiciones no conservadoras, pero después de regulaciones perceptivas, debido a la manipulación, se orientan en el sentido de la igualdad. Por ejemplo, la no igualdad de las barras se atenúa cuando éstas son de tamaño superior y el avance es de 1 a 2 cm, pero vuelven al comienzo si se avanza 5 cm, y a la igualdad para avances de 7 y 10 cm. A veces es necesario retroceder la avanzada para asegurarse de la igualdad, lo cual no se puede entender como reversibilidad operatoria, sino solamente como constatación empírica o intuitiva ante la falta de seguridad en sus declaraciones. Después de las constataciones llegan a descubrir la conservación, así dicen: "esto parece más largo, pero en el fondo es lo mismo".

NIVEL II

La conservación se hace necesaria y, como todo problema de conservación, se llega por una identidad: "son siempre la misma longitud puesto que antes eran parecidos". A esta identidad no se llega por la comprensión de que la barra sea indeformable ya que el concepto de espacio primitivo es esencialmente deformable: se trata de explicar la indeformabilidad en lugar de partir de ella. Se comprende la conservación de la cantidad de sustancia plástica cuando no se conserva la longitud antes que la conservación de la longitud, la cual supone, como la de las distancias, el recurso a un sistema de referencias como medio común al espacio ocupado por los objetos y los vacíos: "el espacio ocupado es igual que el vacío".

EXPERIMENTO Nº 5: LA OBSERVACIÓN (V)

LA GEOMETRIE SPONTANEE DE L'ENFANT (1948), P.U.F., PARIS, 1948, PP141-55



Se extienden dos hilos paralelos, el A se deja recto mientras que el B se presenta ondulado, paralelo y cercano al A, de modo que las extremidades de uno u otro coincidan. Se pregunta ¿son lo mismo de largos o uno es más largo que el otro?, si las declaraciones son de igualdad, se hace que el niño siga los hilos con el dedo, haciendo después la misma pregunta. Si la igualdad continúa, se pregunta en términos de caminos recorridos, dos hormigas recorren una el hilo A y la otra el B ¿cuál anda más?. Finalmente, se estira el hilo ondulado hasta ponerlo recto y paralelo al hilo A, de modo que se vea que es más largo, y se vuelven con las mismas preguntas.

NIVEL IA

Se puede decir pues, en términos generales, que en este nivel, la longitud de una línea no es evaluada en función de su carácter curvo o rectilíneo, sino solamente por sus extremidades (lo que concuerda bien con la ausencia de unión de distancias parciales en distancias totales), lo que les lleva a creer que los hilos tienen la misma longitud, incluso después de pasar el dedo por los hilos y de ver recto el hilo B y volverlo su posición original. Vemos que la distancia es todavía un espacio vacío heterogéneo a los tamaños de los objetos, y sobre todo que, las longitudes de los hilos son evaluadas en términos de "cerca" y "lejos", siendo ante todo una estimación de la extremidad más alejada del sujeto mismo.

NIVEL IB

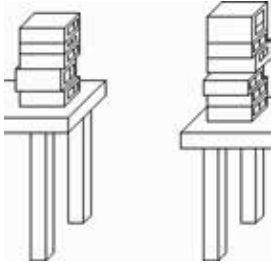
Los sujetos de este nivel, si bien comienzan reaccionando como los del nivel anterior, después de pasar el dedo por los hilos, al ser preguntados por el camino que es más largo para recorrer o por otro tipo de constataciones, consideran la línea ondulada como más larga. Sin embargo este juicio no lo mantienen con posterioridad ya que la simple inspección de las figuras estáticas le llevan nuevamente a declaraciones de igualdad y el sujeto vuelve a errar incluso después de haber pensado en términos de movimiento. Las justificaciones de las respuestas conservadoras son poco explícitas y además incompletas y nada estables. Todo ello indica que estas conservaciones son debidas a reglajes intuitivos.

NIVEL II

Gracias al pensamiento operatorio formal que se pone en juego, los sujetos de este nivel pueden evaluar los caminos sin necesidad de un apoyo perceptivo, y comprenden de un modo sistemático y estable que la longitud de B se mantiene constante, esté ondulada o recta, utilizan para ello varios argumentos operatorios tales como es el de identidad "es el mismo camino, sólo que plegado", el de reversibilidad, "si B lo alargamos como antes será más largo que A", y el de compensación: "aunque los extremos coinciden, B da mucho más rodeos que A". Los juicios se mantienen frente a los contraargumentos del experimentador lo cual pone de manifiesto que se llega a la solución por vía operatoria desligada de los datos perceptivos.

EXPERIMENTO N° 6: MEDICIÓN ESPONTÁNEA

LA GEOMETRIE SPONTANEE DE L'ENFANT (1948), P.U.F., PARIS, 1948, PP 40-93



Se presenta al niño una torre modelo de unos 80 cm de altura construida sobre una mesa con bloques en forma de paralelepípedo, a 2 metros de ésta se coloca otra mesa de distinta altura y se le pide que construya una torre de la misma altura que la modelo, para lo cual se le suministra un buen número de bloques. Para evitar construcciones idénticas a la torre modelo, poniendo el mismo número de bloques, se procura que haya una gran diversidad de grosores, además se le provee de tiras de papel, cuerdas, varillas y reglas para que cuando él lo desee pueda ayudarse en la construcción de la torre, pero no se le dice en principio cuál es su utilidad hasta que agote todos sus procedimientos espontáneos.

NIVEL IA

La reacción más frecuente es construir una torre tan alta como la torre modelo sin que se tengan muy en cuenta los diferentes niveles de las mesas. Cuando se les sugiere que utilicen las varas y cartones para cumplir su tarea los niños no aciertan a utilizarlas de forma adecuada, en realidad creen que las dos torres son igual de altas por simples evaluaciones visuales: "porque tengo buena vista". Al considerar suficiente su comparación visual, no necesitan hacer otros tipos de comparaciones. Este egocentrismo perceptivo les lleva a mantener su postura inicial, a pesar de que los diversos datos que le aporta la experiencia pongan de manifiesto que están en un evidente error de percepción visual.

NIVEL IB

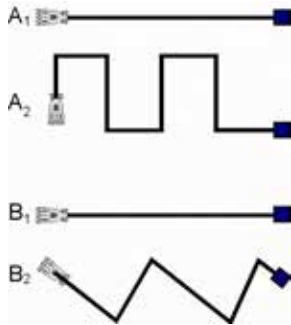
La confianza del sujeto de este nivel por su capacidad visual comienza a declinar a favor de algunas evidencias tales como el desnivel de las mesas y las alturas diferentes de las torres. Los intentos más toscos consisten en acercar las mesas para comparar las torres; reacciones más aventajadas utilizan objetos intermedios para comparar, siendo en primera instancia su propio cuerpo o partes de éste, brazo, mano o dedos los elementos intermedios que se utilizan para trasladar la altura de la torre modelo a la otra mesa, sin embargo, el objeto intermedio sólo simboliza o imita la torre ya que sigue utilizándose como un apoyo visual que no permite operar con él realizando operaciones de adición o asociación.

NIVEL II

Mientras que en el nivel anterior el objeto intermedio debía ser mayor o igual a la torre modelo para que pudiera servir, en este nivel se descubre que un objeto más pequeño que la torre también sirve cubriendo dicha altura aplicando repetidas veces y de forma contigua el objeto. Esta reacción implica la utilización de operaciones recién adquiridas: partición de la altura de la torre modelo (A) según el largo de un objeto tomado como unidad: ($B_1=B_2=B_3\dots$), adición de las partes para conservar la altura de la torre modelo ($B=B_1+B_2+B_3+\dots$). Finalmente compara las torres a través de la operación transitiva (si $A=B$ y $B=C$ entonces $A=C$ siendo B el objeto intermedio y C la torre del niño).

EXPERIMENTO N° 7: MEDICIÓN DEL CAMINO RECORRIDO

LES NOTIONS DE MOUVEMENT ET DE VITESSE CHEZ L'ENFANT (1946), P.U.F., 1972, PP 55-68



Se traza sobre un cartón un camino recto (A1) y otro de líneas quebradas (A2), procurando que el punto de salida y llegada se encuentren emparejados (véase figura). Avanzamos por A2 con un coche, invitando al niño a que recorra con su coche la misma distancia por A1. Si el sujeto avanza alineando su coche, se repite el experimento sólo para el primer tramo de A2, después se le pide que recorra el mismo trayecto por A1 para cada segmento recorrido de A2; si llega antes, se le pide explicaciones. Se le proporciona tiras de cartón de diversas longitudes para que compruebe sus afirmaciones. Si el niño supera medianamente bien las cuestiones, se pasa a los caminos B1 y B2 donde los segmentos son desiguales.

NIVEL IA

Aun en contra de lo percibido, para el niño dos caminos son iguales si sus puntos de partida y llegada coinciden. Todo ocurre como si centraran su atención en la posición del coche del experimentador sin tener en cuenta la distancia recorrida, por lo que se limitan a ir enfrentando su coche con el del experimentador, lo que hace que lleguen a la meta al mismo tiempo que él. Algunos, después de varias experimentaciones y ante la evidencia, reaccionan correctamente ante el movimiento del coche en el primer segmento, aunque se pierden para trayectos largos. No perciben que los cartones puedan tener alguna utilidad, y menos aún para demostrar o rebatir sus afirmaciones.

NIVEL IB

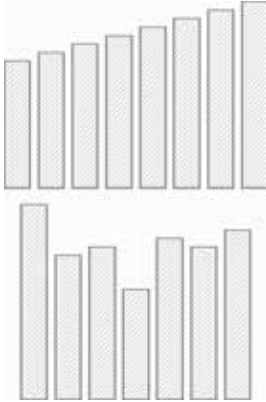
Comienzan reaccionando como los sujetos del nivel IA, pero después de las **c o n s t a t a c i o n e s** experimentales en las dos primeras cuestiones, el niño comprende que el camino recorrido no corresponde con la posición paralela de los coches y trata de recorrer más distancia que el experimentador. Desprovisto de cierta capacidad operatoria, si bien llega antes a la meta, no lo hace cuando su coche ha recorrido la misma distancia que el del experimentador, y cuando intenta evaluar el camino recorrido mediante reglajes intuitivos utiliza recursos inadecuados: visualmente, pasando el dedo por encima de los recorridos, o bien recubriendo el camino con tiras de cartón desiguales.

NIVEL II

El camino recorrido es disociado del orden de los puntos de llegada, reconociendo las distancias independientemente de la posición de los coches en un momento dado. Se utilizan adecuadamente tiras de igual longitud para medir los trayectos recorridos que se van colocando de forma sucesiva sobre el camino, conducta que pone de manifiesto tres tipos de operaciones: a) una partición del todo según una parte que se utiliza como unidad, b) un desplazamiento que permite poner sucesivamente la parte unidad sobre el todo, adicionando después todas las partes para conservar el todo y c) la operación transitiva, donde si $A=B$ y $B=C$ entonces $A=C$, siendo B la parte unidad.

EXPERIMENTO Nº 8: SERIACIÓN DE PALILLOS

GÉNESIS DEL NUMERO EN EL NIÑO (1941), GUADALUPE, 1982, PP 152-163



Se le presenta al niño 10 palillos, de longitudes comprendidas entre 9 y 16cm, siendo la diferencia entre dos contiguos de 0,8cm. 1ª cuestión: ordenar los palos de menor a mayor. 2ª cuestión: si es capaz de seriarlos se le entregan, para que los intercale adecuadamente 9 palillos más. Serie a formar: AaBbCcDdEeFfGgHhIiK. 3ª cuestión: se le pide previamente que cuente los palillos (si tiene dificultad en contar se le pone un número más pequeño), después frente a la serie ordenada se le dice: "supón que esto es una escalera ¿cuántos escalones se han subido hasta aquí (señalando un palo cualquiera)? ¿cuántos quedan para llegar al más alto?. 4ª cuestión: se desordena los palillos y se hacen las preguntas anteriores.

NIVEL IA

El niño no sabe construir la serie completa, sin embargo puede realizar ciertas aproximaciones tales como: a) asociar palillos en parejas, ternas... b) construir una escalera, teniendo en cuenta sólo los extremos superiores de los palillos, sin importarle que la parte inferior no se encuentre alineada, es decir, no tienen en cuenta la longitud de cada palo y los bastones no se suceden de acuerdo con el orden de su tamaño, y c) construir una serie de 4 ó 5 palillos, pero no saben intercalar el resto. Debido a esta ausencia de orden serial, no comprenden las dos últimas cuestiones de orden cardinal donde se debe operar sobre la serie de palillos ordenada añadiendo o insertando.

NIVEL IB

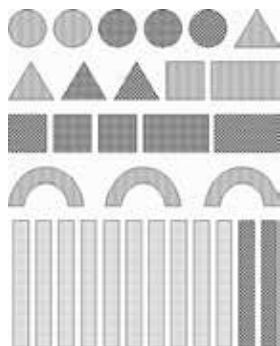
Después de algunos tanteos equivocados, el niño es capaz de disponer los palillos en serie (ABCDEFGHIK), a pesar de esto, no consigue intercalar los nuevos palillos sino después de algunos errores y vacilaciones, lo que demuestra que estas reacciones son fruto de reglajes intuitivos, ya que no posee una relación sistemática entre palillos que le evite llegar a la seriación mediante tanteos. Por otra parte cuando intercala mal un nuevo palillo no le supone contradicción alguna. La dificultad que se manifiesta en la última cuestión donde necesita rehacer la serie para responder es comparable a la que experimenta al intercalar nuevos palillos en la serie hecha.

NIVEL II

Cada elemento encuentra desde el primer momento su posición por aplicación sistemática de relaciones transitivas entre los elementos de la serie, de modo que un palo cualquiera debe ser más largo que el que le precede y más pequeño que el que le sigue. Este progreso de carácter ordinal está acompañado por el de la comprensión cardinal, puesto de manifiesto en las reacciones correctas ante las cuestiones 3 y 4, donde sin necesidad de ensayos se determina el número de escalones que faltan restando al número total de palillos el número de escalones recorridos y en la última cuestión no necesitan seriar todos los palos para dar con la respuesta correcta mentalmente.

EXPERIMENTO N° 9: CLASIFICACIÓN DE OBJETOS

GÉNESIS DE LAS ESTRUCTURAS LÓGICAS ELEMENTALES (1959), GUADALUPE, 1976, PP 29-112



Se utiliza uno de estos tres grupos de objetos según el objetivo que se persiga: 1°. trozos de cartulina de diversos colores y formas, con el fin de que el niño los coloque bien ordenados y a continuación se le pide que agrupe todas las figuras según un color dado. 2°. recortes de cartulina de cuadrados y círculos con sólo dos colores: rojo y azul para el análisis entre "todos" y "algunos". 3°. 18 tablillas de madera rojas (A) y 2 azules (A') como contraprueba para entrever la relación de inclusión entre clases. Al conjunto de todas las tablillas le llamaremos B; se le pregunta: ¿todas las tablillas rojas son de madera?, ¿qué hay más: tablillas rojas o tablillas de madera?

NIVEL IA

Clasificar en este nivel sólo tiene sentido desde un aspecto figurativo, p.e. realiza largas filas con el material, construye figuras geométricas que se asemejan a una casa, un coche, un tren, etc. Se distinguen dos tipos de respuestas: a) agrupación de cartulinas sin tener en cuenta ningún criterio clasificatorio, sólo la función de la figura construida, b) hace filas siguiendo un criterio de semejanza, aunque éste no se mantiene constante a lo largo de la fila, lo cual manifiesta la dificultad en coordinar relaciones de semejanza: al colocar cada elemento por comparación perceptiva con el anterior, llega a un momento en que sustituye el criterio por una característica o propiedad del último objeto que ha puesto.

NIVEL IB

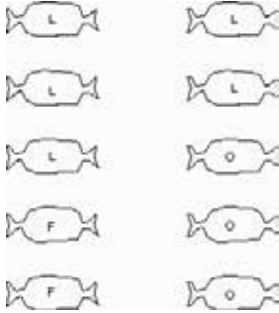
Clasifica el 2° grupo de objetos sólo por criterios figurativos (color, forma), en cuadrados (B) y círculos (B'), subdividiendo estos a su vez según el color: B en rojos (A) y azules (A') y B' en D y D', de modo que todos y cada uno de los elementos se pueden localizar en un subconjunto, que sólo contiene elementos semejantes, lo que parece indicar que define bien los conjuntos tanto por comprensión como por extensión, sin embargo con la contraprueba se ve que confunde "todos los A son B" con "todos los A son todos los B" y cree que hay más A que B, pues compara A con A' ya que B no lo conserva. Esta imprecisión entre "todo" y "algunos" impide establecer relación de inclusión entre A y B.

NIVEL II

Establece una relación de inclusión entre A y B ya que los compara por extensión, para lo cual: 1.- disocia B en A y A' ($B=A+A'$), lo que ya se hacía en IB y 2.- conserva B en esta operación, con independencia de la disposición espacial, perceptiva y/o numérica de A y A'. Se dice que en este nivel la comprensión está coordinada con la extensión en el sentido de que dando un criterio clasificador (comprensión) el niño puede determinar la extensión correcta por la relación inclusiva de A en B. Esta operatoria permite también jerarquizar un conjunto de objetos mediante clases inclusoras. En IIB clasifica con dos o más criterios, incluso cuando alguno no es figurativo (color y material).

EXPERIMENTO Nº 10: CUANTIFICACIÓN DE CLASES

APRENDIZAJE Y ESTRUCTURAS DEL CONOCIMIENTO (INHELDER Y COL., 1974), MORATA, 1975, PP 214-242



Se utilizan 10 caramelos de limón (L), 8 de fresa (F), uno de naranja, uno de menta y uno de anís (O). Se le presenta al niño dos muñecos que sostienen dos cajas que servirán para echar los caramelos tal y como se indica en las cuestiones. Cuestión 1.- se echa en una caja los siguientes caramelos: LLFFFF que actuarán de colección modelo, y se pide que pongan en la otra caja más L pero el mismo número de caramelos. La misma cuestión anterior pero cambiando la colección modelo por las siguientes: LLOOOO y LLLLOO. Cuestión 2.- se pone en una caja LLFFFF y en la otra LLLLFF ó LLLOOOO en una y LLLLOOO en otra, preguntando: ¿dónde hay más L?, ¿dónde hay más caramelos?, ¿dónde hay más F?.

NIVEL IA

Las conductas más primitivas consisten en repetir la colección modelo creada por el experimentador. El niño se centra en una parte de la consigna: "da la misma cantidad de caramelos" o "da más L", como consecuencia forman p.e. LFFFFO ó LLLL lo que denota que tienen ya de entrada algunas dificultades para entender el planteamiento de las cuestiones. En la mayoría de los casos no modifican espontáneamente sus respuestas iniciales, y aquellos que después de ser dirigidos mediante algunas preguntas se dan cuenta de algunas de las incorrecciones anteriormente señaladas, declaran que es imposible dar más caramelos de limón y a la vez, la misma cantidad de caramelos.

NIVEL IB

Se aprecian algunos avances respecto a IA, p.e. se comprende que un aumento de la subclase L debe llevar una disminución de la subclase F; algunos afirman: "si doy más L tengo que dar menos F para que no se enfaden", sin embargo, esta compensación es sólo cualitativa, porque el sujeto no llega a construir sistemáticamente colecciones tal que respetando el criterio señalado por el experimentador tenga el mismo número de elementos que la modelo; en bastantes casos se vencen estas dificultades con soluciones particulares, p.e. en la 1ª cuestión LLLLPP, pero falla para LLPPPP. Continúan con la idea de que hay más L que caramelos, por comparar A con A' y no A con B.

NIVEL II

Antes de llegar a las reacciones correctas de este nivel se aprecian soluciones que aún no son operatorias: la más elemental es poner todos L (LLLLL), pero fracasan si se pone como modelo LLLFFFF ya que no hay caramelos suficientes, le siguen las colecciones donde se invierten A y A' (FFLLLL), pero no resuelven después la contraprueba (LLLFFF). Finalmente se llega a la que es la respuesta correcta más completa: independientemente de la extensión que tenga A y A', mantienen la extensión de B constante, lo que deja claro que para estos sujetos B se conserva y permanece en sus razonamientos, lo que les permite responder correctamente a las preguntas de la cuestión 2ª.

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.** (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52(1), 5-16.
- 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., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J.** (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 477-488.
- Ferrater Mora, J.** (1978). *Diccionario de Filosofía abreviado*. Barcelona: Edhasa.
- Feyerabend, P.K.** (1974). *Contra el método*. Barcelona: Ariel.
- Furió, C., Vilches, A., Guisasaola, 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.** (2003a). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 21 (1), 65-78.
- Marín, N.** (2003b). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, 43-55.
- 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.
- Marín, N., Jiménez Gómez, E., y Benarroch, A.** (2004). How to identify replies that accurately reflect students' knowledge? A methodological proposal. *International Journal of Science Education*, 26 (4), pp.425-445.
- 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". *Qurriculum*, 6, pp. 67-89.
- Matthews, M.R.** (1990). History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement. *Studies in Science Education*, 18, pp
- MEC.** (1989). *Diseño Curricular Base, "Educación Primaria, I y II"*. Madrid: M.E.C.
- MEC.** (1993). *Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE)*. Madrid: BOE (31-12-1993).
- MEC.** (2002). *Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE)*. Madrid: BOE (23-12-2002).
- Mellado, V., Ruiz, C. y Blanco, L.** (1997). Aprender a enseñar ciencias experimentales en la formación inicial de maestros. *Bordón*, 49(3), pp. 275-288.
- Nicolás, A.** (1978). *Jean Piaget*. México: Fondo de cultura económica.

- Oliva, J.M.** (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 93-108.
- Osborne, J.F.** (1996). Beyond Constructivism. *Science Education*, 80(1), pp. 53-82.
- Piaget, J.** (1974). *El estructuralismo*. Barcelona: Oikos-tau.
- Piaget, J.** (1976). *La toma de conciencia*. Madrid: Morata. (Ver.orig. 1974. Le prise de conscience. París: Presses Universitaires de France).
- Piaget, J.** (1977a). *Epistemología genética*. Argentina: Solpin. (Ver.orig. 1970. L'epistemologie génétique. París: Presses Universitaires de France).
- Piaget, J.** (1977b). *Lógica y psicología*. Argentina: Solpin. (Ver.orig. 1953. Logic and psychology. New York: Manchester University Press).
- Piaget, J.** (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas, "Problema central del desarrollo"*. Madrid: Siglo XXI.
- Piaget, J.** (1980a). *Biología y Conocimiento*. México: Siglo XXI.
- Piaget, J.** (1980b). *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Ariel. (Ver.orig. 1969. Psychologie et pédagogie. París: Gonthier).
- Piaget, J. e Inhelder, B.** (1984). *Psicología del niño*. Madrid: Morata. (Ver.orig. 1969. La psychologie de l'enfant. París: Presses Universitaires de France).
- Piaget, J. y García, R.** (1973). *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral.
- Piaget, J. y García, R.** (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Mexico: Siglo XXI.
- Pintrich, P.R.** (1999). Motivational Beliefs as Resources for and Constraints on Conceptual Change. pp. 33-50. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero. (eds). *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A.** (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), pp. 211-227.
- Pozo, J.I.** (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I.** (1999). Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: del cambio conceptual a la integración jerárquica. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, pp.15-31.
- Pozo, J.I.** (2001) *Humana mente: el mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I.** (2003) *Adquisición de conocimiento*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M. y Serrano Sanz, A.** (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la Química. Madrid: CIDE (MEC).

- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A.** (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I. y Scheuer, N.** (1999). *Las concepciones sobre el aprendizaje como teorías implícitas*, pp. 87-108. En J.I. Pozo y C. Monereo. *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Aula XXI/Santillana.
- Reif, F. y Larkin, J.H.** (1991). Cognition in scientific and everyday domains: Comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp. 733-760.
- Richmond, P.G.** (1980). *Introducción a Piaget*. Madrid: Fundamentos.
- 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*. Pricenton: Pricenton University Press. (Trad.cast. 1977. *La comprensión humana, I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Universitaria).

- Tsai, C.C.:** 2002, Nested Epistemologies: Science Teachers' Beliefs of Teaching, Learning and Science. *International Journal of Science Education*, 24, 771-783.
- 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, 135-176.
- Viennot, L.** (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*: París: Hermann.
- Viennot, L.** (1985). Analysing students'reasoning in science: a pragmatic view of theoretical problems. *European Journal of Science Education.*, 7(2), pp. 151-162.
- Vosniadou, S.** (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.
- Vuyk, R.** (1985). *Panorámica y crítica de la epistemología genética de Piaget 1965-1980*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Watzlawick, P.** (1997). *Teoría de la comunicación humana*. Barcelona: Herder.
- Wheatley, G.H.** (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), pp. 9-21.
- Yang, W.G.** (1999). An Analysis of "Pupil as Scientist" Analogies. Paper presented at 5th International History, Philosophy and Science Teaching Conference: Science as Culture. Bicentenary of the Invention of the Battery by Alessandro Volta. Lake Como, Italy. (September, 15-19).