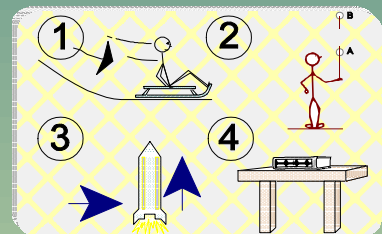
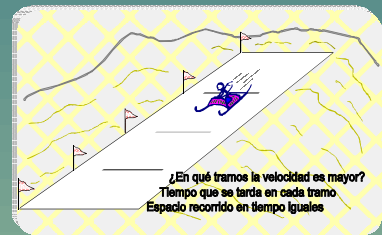
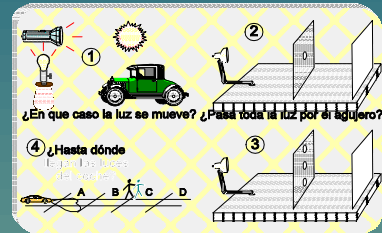
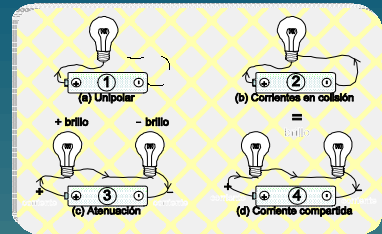
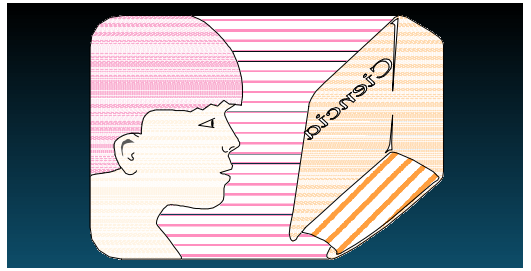


Nicolás Marín Martínez

Trabajos Piagetianos y del Constructivismo Social sobre las Concepciones del Alumno



TRABAJOS PIAGETIANOS
y del
CONSTRUCTIVISMO SOCIAL
sobre las
CONCEPCIONES DEL ALUMNO

NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ
PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Almería, Noviembre'98

Datos de la publicación

© de portada, texto y edición, Nicolás Marín

© de la publicación: el autor

ISBN: 84-930184-2-2

Depósito Legal: Al.19.1998

Impreso en España

Printed in Spain

ÍNDICE

1. Introducción	7
2. Revisión de concepciones del constructivismo social	A-1
3. Informes de investigación del constructivismo social	B-1
4. Experiencias piagetianas sobre el conocimiento del sujeto	C-1
5. Cuestionarios realizados por nuestro grupo de investigación	D-1
6. Artículos realizados por nuestro grupo de investigación	E-1
7. La base de datos bibliográfica del grupo de investigación	F-1
8. Estructura y desarrollo de un proyecto de investigación	G-1
9. Secuenciación de los contenidos procesuales y declarativos	H-1
10. Instrucciones para el desarrollo de contenidos procesuales	I-1
11. Bibliografía general	J-1

ÍNDICE DE TABLAS

1. Conocimiento del alumno que es objeto de investigación	I-6
2. Categorización de los datos más relevantes de la metodología de trabajos que realizan la búsqueda y delimitación de concepciones en el alumnado	I-7
3. Diferencias metodológicas entre los trabajos sobre concepciones del MCA y los experimentos piagetianos	I-8
4. "Buenas" y "malas" concepciones	I-9
5. Diseño de un cuestionario	I-10
6. Diseño y desarrollo de un proyecto de investigación	I-12

Introducción

Con esta recopilación de materiales, tanto declarativos (informes de investigación, cuestionarios, resúmenes, proyectos de investigación, etc) como procesuales (ordenar los contenidos objeto de investigación en una tabla mediante un doble criterio, realizar un estudio comparativo de trabajos piagetianos y del constructivismo social, realizar un proyecto de investigación, etc) se pretende sumergir al lector-participante en la problemática inherente a las investigaciones sobre concepciones del alumnado.

1

Supuestos de partida

Los materiales que aquí se presentan se han seleccionado, diseñado y secuenciado de acuerdo al supuesto de que los lectores pretenden integrarse en un grupo de investigación consolidado a fin de realizar futuras investigaciones con los miembros del mismo sobre la temática más trabajada por estos: las concepciones del alumnado y la metodología para delimitar estas.

Los trabajos del grupo de investigación se fundamentan en un entramado teórico que está bastante consensuado entre sus miembros, el cual juega el papel de "núcleo firme", además, posee numerosas investigaciones parciales que han constatado desde diversos puntos de vista dicho núcleo.

El ámbito de trabajos del grupo está inscrito en el dominio de la Didáctica de las Ciencias; aunque la línea de investigación donde se han realizado más aportaciones es en la de las concepciones del alumno, si bien, últimamente se están haciendo inclusiones en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en Ciencias.

A partir de variadas investigaciones del grupo, se han realizado elaboraciones escritas que han sido publicadas, o están en curso de publicación, en importantes revistas y congresos internacionales (material E).

2

Presentación de los materiales

En primer lugar, se han dispuesto los materiales declarativos y después los procesuales ya que estos últimos requieren del conocimiento de los primeros para llevarse a cabo.

2.1

Contenidos declarativos

- A. **Revisión de concepciones del constructivismo social.** Se trata de una exposición sintética de las concepciones encontradas para los contenidos de Ciencias más investigados por el constructivismo social. Un modo excelente y sencillo de introducirse en la línea de investigación de las concepciones.
- B. **Informes de investigación del constructivismo social.** A través de la recogida de datos bibliográficos relevantes (supuestos iniciales, hipótesis, muestra, cuestionario, categorización de datos y conclusiones) de varias investigaciones sobre concepciones dentro del marco del constructivismo social.
- C. **Experiencias piagetianas sobre el conocimiento del sujeto.** Aquí se presentan un buen número de experimentos piagetianos sobre distintos aspectos del conocimiento del alumnado. Se han

procurado eliminar las partes más áridas y teóricas de éstos para enfatizar sobre todo las respuestas de los sujetos a las experiencias. Con esto se podrá percibir los diferentes modos de proceder de la metodología piagetiana y del constructivismo social.

- D. **Cuestionarios realizados por nuestro grupo de investigación.** Se exponen más de una docena de cuestionarios diseñados y desarrollados bajo los planteamientos metodológicos profesados por nuestro grupo de investigación. Son buenos ejemplos de cómo habría que realizar un cuestionario y sin duda juegan un papel ilustrativo y de guía para los nuevos cuestionarios que se quieran hacer.
- E. **Artículos realizados por nuestro grupo de investigación.** Selección de los trabajos más relevantes publicados por el grupo de investigación. Permiten hacerse una idea clara de los supuestos teóricos que profesa el grupo, los aspectos de investigación que más le preocupan y su posición crítica ante el modo de proceder del constructivismo social.
- F. **La base de datos bibliográfica del grupo de investigación.** Se expone los fundamentos que han llevado al grupo a estructurar y categorizar una base de datos bibliográfica que es el soporte para la confección de investigaciones y publicaciones bien fundamentadas.
- G. **Estructura y desarrollo de un proyecto de investigación.** Proyecto de investigación desarrollado por el grupo dentro del marco del programa sectorial de promoción del conocimiento de la Dirección General de Enseñanza Superior (MEC) y mandado para su aprobación.

2.2 Los contenidos procesuales

- H. **Secuenciación de los contenidos procesuales y declarativos.** De modo milimétrico se exponen los contenidos declarativos y procesuales (actividades) que se desarrollarán en cada módulo de trabajo, en el caso de que dichos contenidos se expongan como curso.

- I. **Instrucciones para el desarrollo de contenidos procesuales: las cinco tablas a rellenar.** A fin de facilitar la asimilación de los contenidos declarativos, así como hacerlos más operativos en el caso de querer utilizarlos en investigaciones futuras, se han diseñado algunas actividades de clasificación, de comparación, categorización, elaboración, etc.

Se exponen las instrucciones precisas para poder rellenar las tablas tomando como materiales de base los contenidos declarativos.

Las tablas a rellenar pretenden facilitar y hacer más eficaz esta tarea. Las tablas a rellenar son las siguientes:

1. ¿Qué aspectos del conocimiento del alumno son objeto de estudio?.
2. Características metodológicas de un trabajo.
3. Comparación de trabajos piagetianos y del constructivismo social.
4. "Buenas" y "malas" concepciones.
5. Diseño de un cuestionario.
6. Diseño y desarrollo de un proyecto de investigación.

Para facilitar las actividades con las tablas, se presentan algunos ejemplos de tablas rellenadas.

3

Formación como investigador

Las fases por las que tendría que pasar el futuro candidato para integrarse en las actividad investigadora del grupo serían:

3.1 El conocimiento de partida

Para iniciarse en el contexto de las investigaciones del grupo se requieren unos conocimientos mínimos de partida, estos coinciden con el núcleo firme de conocimientos que profesa el grupo:

- a. El modelo cognoscitivo sobre origen, organización y desarrollo de los conocimientos del alumnado (§ 5.6 de FDCE).
- b. Las orientaciones metodológicas para la búsqueda de información en el alumno de interés didáctico (§ 4.9 de FDCE).

3.2 Los contenidos procesuales

Estas actividades son necesarias para introducirse en la línea de investigación de las concepciones y así tomar una visión panorámica de éstas:

- Las actividades iniciales a realizar para toma un contacto global con la línea de investigación, son:
 - a. Rellenar la **tabla 1** (página I-6) sobre cuáles son los posibles objetos de investigación utilizando los materiales A, B y C (suficiente con A y C).
 - b. Después de apreciar cómo se rellena la tabla para delimitar las características metodológicas de cualquier trabajo sobre concepciones, elegir un trabajo cualquiera del material B a fin de rellenar la **tabla 2** (I-7).
 - c. Comparar los contenidos que son objeto de investigación en Piaget (C) y los del constructivismo social (A y B). Clasificar características comunes y diferentes en la **tabla 3** (I-8). Sacar algunas conclusiones desde un análisis comparativo.
 - d. Detectar con los materiales A, B, C y D preguntas o cuestiones fuertemente influenciadas por el contenido objeto de enseñanza, así como otras en las que esta influencia es mínima. Rellenar la **tabla 4** (I-9). Después, utilizando las orientaciones metodológicas, diseñar una o varias cuestiones donde dicha influencia sea menor. Detectar alguna "concepción" que se sospeche que sólo existe en la mente del investigador.
 - e. Con las instrucciones que se dan en el material E comenzar a diseñar la estructura de un cuestionario en la **tabla 5** (I-10), partiendo en un primer

momento de las orientaciones que se deducen del propio contenido que va a ser objeto de investigación (sistemática, parcialización, estructuración, etc) para después usar las orientaciones metodológicas deducidas de algunos aspectos sobre el origen, organización y desarrollo de la cognición del sujeto (para una exposición más profunda y detallada ver, Marín, 1998).

4

El proyecto de investigación: apertura de nuevas líneas de trabajo

El conocimiento de partida y las actividades relacionadas con las cinco primeras tablas permiten inducir una formación investigadora mínima pero suficiente. Ahora es posible tomar decisiones fundamentadas y necesarias para definir una línea de trabajo sobre la que va a profundizar en esta segunda fase en la que se trata de poder formular un proyecto de investigación.

4.1 Las posibilidades para desarrollar una línea de trabajo novedosa que desemboque en un trabajo de investigación satisfactorio son ilimitadas

No sólo se debe contemplar la investigación que de inmediato suelen venir a la cabeza, como es la de aplicar la metodología a nuevos contenidos declarativos objeto de enseñanza (por ejemplo, concepciones que posee el alumno sobre nutrición, aparato digestivo, aparato locomotor, reflexión, la tierra, etc, etc), existen otras muchas opciones:

- Aplicar la metodología a contenidos procesuales (por ejemplo, razonamiento proporcional, control de variables, capacidades para clasificar, etc, etc).
- También cabe la posibilidad de aplicar la metodología a habilidades manuales (por ejemplo, desarrollar experiencias de laboratorio, habilidades para hacer equilibrios, para orientarse, etc, etc).
- Se puede hacer, previa delimitación evolutiva de concepciones, una

secuenciación de contenidos de enseñanza, así como utilizar esto como criterio para hacer un estudio crítico de los libros de texto.

- Se puede probar si ciertos puntos de vista metodológicos que se deducen del núcleo firme de los conocimientos del grupo concuerdan con los datos empíricos: ver si es posible obtener más información que otros autores sobre un determinado contenido utilizando la metodología, comprobar si es cierta la afirmación de que muchas "concepciones del alumno" sólo existen en la cabeza del investigador; o comprobar si determinadas informaciones que se obtienen del alumnado están sesgadas y tergiversadas; demostrar para un determinado contenido que la información que usualmente se obtiene es pobre y lleva a consecuencias didácticas pobres, así como mostrar que habría otro modo de proceder para obtener mejores resultados, etc, etc.
- Tratamientos estadísticos multivariantes para estudios de fiabilidad y validez de los datos tomados al alumno.
- Después de obtener información del alumno sobre un determinado conocimiento a través de entrevista individual, se desarrolla una fase de intervención (instrucción, esquema, texto escrito, etc) y después se continúa la entrevista individual iniciando nuevamente las mismas cuestiones para apreciar las variaciones en los esquemas del alumnado.

Como se puede apreciar las posibilidades son muchas, y aún son más si se hace combinaciones entre ellas.

4.2 Contenidos declarativos para realizar un proyecto

Los contenidos que serán usados en esta última fase son:

- a. Líneas de investigación. Ventajas e inconvenientes de cada una de éstas.
- b. Cómo se hace un proyecto de investigación. Un ejemplo (material G).

4.3 Diseño y confección de un proyecto de investigación

- a. Elección de un modo fundamentado del contenido que va a ser objeto de investigación.
- b. Trazar las distintas fases del proyecto completando las lecturas anteriores con la contenida en los materiales F, G y H.

Se ha de tener en cuenta que todo buen trabajo de investigación debe comenzar por un buen proyecto donde se concrete lo más posible los pasos a seguir; puede que posteriormente la investigación se desvíe del camino trazado, pero ya se sabe lo que dicen los científicos "es mejor una mala hipótesis que no tener ninguna", "es mejor un mal proyecto que no tener ninguno". Concretar el proyecto rellenando la **tabla 6** (I-11).

A

Revisión de las concepciones del constructivismo social

1

Introducción

La primera toma de contacto con la línea de investigación de las concepciones se hará a través de un grupo de resúmenes sobre una diversidad de tópicos.

Las fuentes bibliográficas que se han usado principalmente son:

DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. 1989. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (Morata/M.E.C, Madrid). (Ver.orig. Children's ideas in science. Open University Press. Londres. 1985).

HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. 1991. *La ciencia de los alumnos* (Elzevir, Málaga).

POZO, J.I., GÓMEZ CRESPO, M.A., LIMÓN, M. y SERRANO SANZ, A. 1991b. *Procesos cognitivos en la comprensión de las ciencias: las ideas de los adolescentes sobre la Química* (CIDE (MEC), Madrid).

Las tres citas bibliográficas tienen en común el contener excelentes revisiones usando una basta muestra de trabajos sobre concepciones; a la vez han sido objeto de un proceso de

síntesis para presentarlos aquí, todo ello con el objeto de introducir al lector de un modo rápido y sencillo en la temática de las concepciones del alumno.

2

Estructuración de la revisión sintética

Cada página recoge, de un modo comprimido, una amplia información sobre un determinado tópico de Ciencias.

Todas las páginas están estructuradas del mismo modo:

- Se parcializa la información sobre un tópico en cuatro o cinco aspectos o puntos de interés.
- Cada aspecto es cubierto por dos tipos de información:
 - a) gráficamente en la parte izquierda de la página se exponen un grupo de situaciones y cuestiones referidas a ese aspecto del tópico.
 - b) en la parte derecha se presentan las respuestas más relevantes a las cuestiones planteadas.

Mucha información de los trabajos citados se ha omitido; sólo se ha enfatizado la que creemos más sobresaliente y cumple mejor su cometido de inmersión en esta línea de investigación.

Una vez que el lector se ha introducido en la temática, en los materiales B que se presentan a continuación, los informes de algunos trabajos de investigación del constructivismo social se exponen de un modo más amplio.

Informes de investigación del constructivismo social

1

Introducción

A efectos de hacer homogénea la toma de datos, todos los informes presentados se han realizado tomando los siguientes datos bibliográficos:

A. Referencia bibliográfica: Son los datos básicos que identifican bibliográficamente el trabajo elegido.

B. Contenido: Temática que ha sido objeto de investigación.

C. Categorización para la toma de datos: se ha dividido en varios apartados:

C1. ¿Cuál es el contexto teórico en el que se desarrolla la investigación?

Generalmente no se plantea las investigaciones bajo un contexto teórico ya que los trabajos tienen carácter *inductivo o fenomenológico*. Se dan algunos casos en que se hace referencia a la *historia de la Ciencia*, la *estructura de los contenidos* o a la *epistemología de la Ciencia*. Menos trabajos aún se aprecian bajo un contexto de psicología genética; en este sentido existen trabajos que comienzan citando

a diversos autores pero no se ven reflejadas sus opiniones o sus teorías en las distintas partes de la investigación como los planteamientos iniciales de la investigación, hipótesis, construcción del cuestionario, tratamientos de datos o interpretación de éstos, en este caso, se hacen las matizaciones pertinentes.

C2. ¿Qué secuencia sigue las distintas partes de la investigación?

Inductiva: si no se plantean hipótesis iniciales.

Hipotético-deductiva: si se plantean hipótesis iniciales y estas son utilizadas para diseños posteriores.

Si es el caso, especificar cualquier otra posibilidad.

Habría que especificar las partes de la secuencia, p.e. planteamiento del problema, cuestionario, catalogación, conclusiones.

C3. ¿Están ligadas las distintas partes de la investigación?

Se trata de ver si en las distintas partes de la investigación (construcción del cuestionario, tratamiento de datos, categorización, etc) se hace referencia a uno o varios criterios que se utilizan de guía, de fundamentación, de argumentación o de elección.

C4. ¿Cómo se aborda el contenido que es objeto de investigación?

El análisis está referido a la propia *estructura científica del contenido*, a las dificultades que presenta para ser *comprendido* por los alumnos o se analiza el *significado* que el contenido puede tener para el alumno, haciendo referencia a sus vivencias o a los resultados reflejados en otros trabajos sobre el mismo contenido.

C5. ¿Qué técnica se utiliza para recoger información del alumno?

El abanico de posibilidades va en lo referente a la dinámica para plantear las cuestiones, desde la prueba de *papel y lápiz* hasta la *entrevista individual o clínica*, y en cuanto al modo de hacer las preguntas, desde las *preguntas directas* sobre determinado concepto académico (¿qué es fuerza?, ¿qué es un ión?), hasta el *planteamiento de situaciones físicas* donde se pone en juego determinados conceptos (ante dos bloques de distinta masa unidos por un cable se le pregunta por el que más fuerza hace cuando se mueven). Cabe la posibilidad de que el investigador no exponga explícitamente la técnica utilizada, en cuyo caso se dejara constancia de esta ausencia. Habrá que aclarar si el cuestionario se hace respecto a algunos criterios o se debe solo a la cosecha creativa del investigador.

C6. ¿Qué criterio se utiliza para categorizar los datos?

El criterio más frecuente utilizado es que toma como referencia la *estructura de los contenidos académicos* que se buscan, de modo que se obtienen dos grandes grupos de categorías: las que hacen referencia a los *aciertos* y las que hacen referencia a los *errores*. Se especifica, si en el tratamiento de los errores solo se contemplan categorías sobre lo que el alumno no sabe o por el contrario se deja constancia de las *direcciones o tendencias de las respuestas erróneas*. Además es importante apreciar si los errores se tratan como tales o por el contrario se consideran ideas que para los alumnos tienen su lógica (no son errores conceptuales). Habrá que especificar para cada idea a buscar, el número de categorías utilizadas.

En otros casos se pueden tomar *criterios* que no son estrictamente *dictados por la estructura del propio contenido* que se busca, basándose por el contrario, en referencias a resultados de búsqueda de concepciones en trabajos anteriores, teniendo en cuenta las

características cognoscitivas generales de la muestra o analizando cómo evolucionan las respuestas de los alumnos en función de analogías y diferencias utilizando criterios referidos a capacidades generales de la evolución cognoscitiva del sujeto como la dependencia de lo figurativo, la capacidad de conservar, el control de variables, etc.

C7. ¿Se tiene en cuenta el carácter evolutivo de las concepciones o se estudian a un determinado nivel de estudios o a una determinada edad?

Se suelen hacer los trabajos sin apreciar que los porcentajes para una determinada categoría va evolucionando con la edad, encontrándose que existen determinadas tendencias evolutivas, por ejemplo, las respuestas evolucionan desde una fase preoperatoria donde lo figurativo se impone a otra donde las operaciones mentales van estructurando progresivamente las distintas variables puestas en juego en el cuestionario.

Utilizar una muestra de sujetos de diversa edad no significa necesariamente que el tratamiento de las concepciones es evolutivo si no lo es el proceso de categorización.

C8. ¿Se estudian las concepciones a nivel descriptivo, o por el contrario, se interpretan y se intentan explicar?

Generalmente los trabajos sobre búsqueda de concepciones acaban cuando se han conseguido describir y analizar posibles aplicaciones didácticas, pocos son los que, a la luz de alguna teoría cognoscitiva o simplemente, proponiendo algún mecanismo cognoscitivo, intenta dar alguna explicación a una o varias concepciones encontradas o incluso relacionarlas entre sí.

Posterior a esta propuesta, nuestro grupo de investigación ha realizado mejoras sustanciales en las categorías sobre toma de datos bibliográficos. Éstas se pueden apreciar en las instrucciones que se dan para rellenar la tabla 2 de los materiales I.

Los informes que aquí se presentan se han realizado sobre la base de este último sistema de categorías, no obstante, subordinadas a éstas, también se recogen las antiguas.

Referencia bibliográfica

WATTS, D.M. y ZYLBERSZTAJN, A. 1981. A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, Vol.16, N°6, pp. 360-365.

2.1 Contenido y pretensiones

Watts y Zylberztajn (1981) intentan delimitar los *esquemas alternativos* (en el sentido utilizado por Driver y Easley, 1978) que poseen los alumnos sobre las *leyes de Newton* y en qué medida el docente es consciente de éstos. Dichos esquemas son ideas coherentes sobre el mundo construidas desde su experiencia y que permiten previsiones y explicaciones

2.2 Supuestos y previsiones

Se busca de modo *inductivo* los *esquemas alternativos* que poseen los alumnos contemplados en otros trabajos (Warren, 1971; Driver, 1973; Viennot, 1979; Driver, 1979; Watts, 1980; Gilbert, 1980).

El referente utilizado para ésta búsqueda es el propio contenido académico, partiendo de la suposición de que existe un abismo entre la comprensión de los profesores y la de los alumnos.

2.2.1 Contexto teórico en el que se desarrolla la investigación

Se actúa en la creencia de que los niños construyen ideas coherentes del mundo basadas en sus propias experiencias. Vemos estas ideas como hipótesis y especulaciones idiosincráticas e individuales que tienen que ver con acontecimientos y conversaciones.

Palabras, significados y experiencias son generalmente construidas y desarrolladas en construcciones personales de ciencia. Driver y Easley nos han proporcionado el nombre de *alternative frameworks* para representar estas conceptualizaciones personales.

2.2.2 Secuencia que sigue las distintas partes de la investigación

Los autores indican que "en este estudio estamos interesados en dos cuestiones: cómo de extendida está la visión Newtoniana y en qué medida son los profesores conscientes de esa extensión".

Nuestro propósito después, en este ejercicio, era enjuiciar la popularidad de algunas *frameworks* alternative particulares derivadas de un estudio de la literatura. Nuestra suposición era que existe un abismo de comprensión entre profesores y alumnos y queríamos juzgar la extensión del abismo.

2.3 Toma de datos

La muestra se compone de 125 alumnos de 14 años que estaban al final de su tercer año en 4 *comprehensive schools* en Reading y Londres (seis grupos) y sus cinco profesores.

No se colocaron más controles sobre la muestra, aparte de ser de tercer año. Fueron elegidas escuelas donde había contactos previos y cuando un tercer profesor de física estuvo de acuerdo en participar, la elección de la clase se hizo en vista de sus obligaciones de horario. Cuatro de los cinco profesores eran profesores experimentados de Física (más de cinco años enseñando física) y el quinto fue previamente profesor de matemáticas durante ocho años y se había cambiado a física en el último año.

Se utiliza como técnica el cuestionario de lápiz y papel de elección múltiple con explicación para el alumno y entrevista con los profesores.

Se recogen los cuestionarios anónimos y se analizan las respuestas combinando técnicas cualitativas y cuantitativas. Se calculó % de alumnos que eligen cada opción para cada clase y para la muestra entera. Los resultados cuantificados fueron después usados como guía para un análisis del contenido de las explicaciones escritas de los alumnos junto a las predicciones numéricas y comentarios de los profesores. Se presentan los resultados numéricos para la muestra entera.

Uno de los investigadores pasa un cuestionario con formato de elección múltiple con explicación relativo al concepto de fuerza.

Al mismo tiempo, el otro investigador realizó una entrevista al profesor de física en la cual se le pedía el pronóstico de los porcentajes de alumnos que elegirían cada una de las alternativas presentadas en las cuestiones. Se les animaba a comentar su elección.

El cuestionario de papel y lápiz consta básicamente de cuestiones de elección múltiple. Al final de cada cuestión se dejaba un espacio donde se pedía al alumno incluir una razón para su respuesta. En cada cuestión una de las respuestas posibles era la científicamente correcta, mientras al menos una de las otras estaba inspirada en una alternative framework ya descrita por otros trabajos de investigación.

Las cuestiones habían sido deliberadamente diseñadas para ser distintas del examen u hoja de trabajo habitual. Era un folleto de tamaño A5 con nuestras intenciones e instrucciones en la cubierta exterior. Cada cuestión ocupaba una página entera y estaba precedida de un dibujo que bosquejaba la situación. Las cuestiones reproducían los dibujos mostrando diferentes direcciones o magnitudes de fuerzas. Se usaron dibujos de gente parada y se enfatizó en las instrucciones verbales que las cuestiones no eran un test sino un estudio.

Se completó en 20 minutos y se devolvieron los folletos anónimamente, los cuáles estaban compuestos de 12 cuestiones:

Cuestiones 1-6. Diseñadas para estudiar la asociación entre fuerza y movimiento como fue apuntado por Warren(1971), Driver (1973) y Viennot (1979).

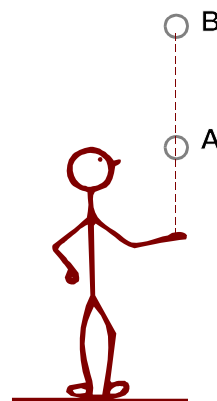
Cuestiones 7 y 8. Se usó un ejemplo de juego de tiro de cuerda para considerar las fuerzas de acción y reacción y el movimiento. Estaba basado en un trabajo de Viennot (1979).

Cuestiones 9 y 10. Se preguntaba sobre la noción de que la pesadez se incrementaba conforme un objeto se elevaba (Driver 1979).

Cuestiones 11 y 12. Exploraban las nociones de fuerza y gravedad como eran identificadas por Watts (1980) y Gilbert (1980)

Cuestiones 1, 2 y 3:

Situación: Una piedra lanzada verticalmente hacia arriba en el aire.



Pregunta: Fuerzas que actúan sobre la piedra.

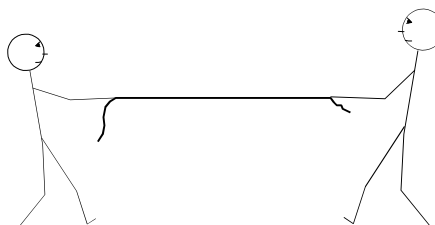
Cuestiones 4, 5 y 6:

Situación: Lanzamiento de una bala de cañón.

Pregunta: Fuerzas que actúan sobre la bala en diferentes puntos de la trayectoria.

Cuestiones 7 y 8:

Situación: Dos personas jugando a tirar de una cuerda.

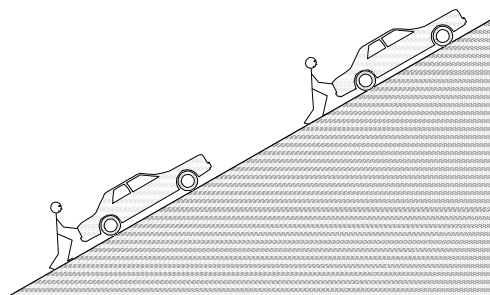


Preguntas:

¿Cuál es la relación en cuanto a intensidades de las fuerzas ejercidas sobre la cuerda por cada persona si está ganando la persona de la izquierda (7) o la de la derecha (8)?.

Cuestión 9:

Situación: Dos personas impidiendo que rueden hacia abajo dos coches iguales sobre la misma colina, uno en una posición más alta que el otro.

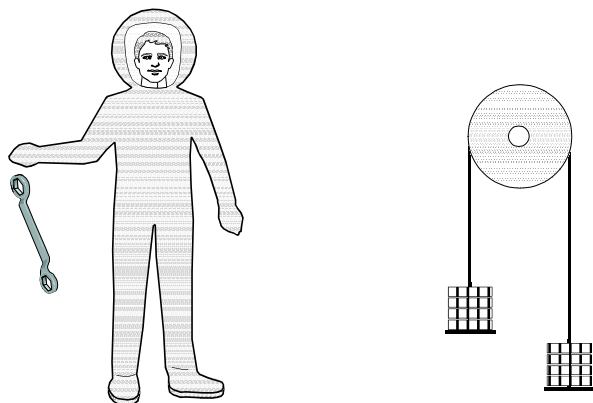


Pregunta:

¿Se requeriría la misma fuerza para que no se deslizaran hacia abajo?.

Cuestión 10:

Situación: Dos objetos iguales colgando a distinta altura de los extremos de una cuerda que pasa por una polea.



Pregunta: ¿Cuál sería el aspecto del sistema al cabo de un minuto?.

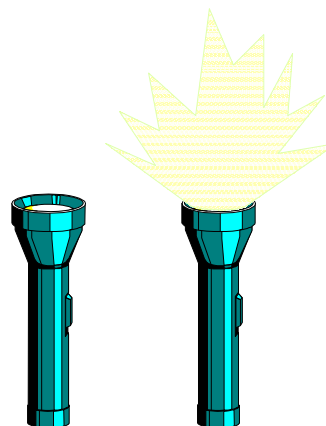
Cuestión 11:

Situación: Un astronauta sobre la luna deja caer una llave inglesa.

Pregunta: ¿Qué le ocurrirá luego a la llave inglesa?.

Cuestión 12:

Dos linternas colocadas sobre la mesa derechas hacia arriba una encendida y la otra apagada.



Pregunta:

¿Tiene una de ellas una fuerza más grande sobre ella que la otra?



2.4 Tratamiento de datos

Se presentan los porcentajes de las opciones elegidas mayoritariamente y se señalan las que parecen ser esquemas alternativos. No aparecen más relaciones entre esquemas que las derivadas de haber sido extraídos sobre un mismo tópico ("fuerza") en distintas situaciones físicas, el cuál es utilizado como el referente para hacer las interpretaciones.

(La respuesta al cuestionario consta de una opción que se elige de entre las propuestas y una explicación del por qué de esa elección).

En el artículo aparecen;

1.- En cuanto a respuestas de los alumnos:

a) descripción de las opciones mayoritariamente elegidas y

b) en algunos casos enuncia framework alternative que deduce de esa elección (interpretación)

c) en ocasiones describe diferencias en las explicaciones de los alumnos dentro de un framework general.

d) recoge algunas explicaciones textuales de los alumnos

2.- En cuanto a las opiniones de los profesores sobre las posibles respuestas de los alumnos:

a) describe las opiniones mayoritarias de los profesores y algunas particulares

b) recoge algunas frases textuales.

Cuestiones 1-6:

* Categorización de las respuestas por opciones elegidas para cada pregunta (no aparecen en el artículo las tablas de porcentajes pero las hace. Lo dice al final); describe las opciones mayoritariamente elegidas:

- la piedra tiene una fuerza hacia arriba lejos de la mano de la persona conforme asciende.

- la bala de cañón tiene una fuerza lejos del cañón, moviéndola a través del aire.

* Se da cuenta de que el 85% de los alumnos eligen opciones donde hay una fuerza en la dirección del movimiento. De ahí, deduce la existencia de una *framework* alternativa que relaciona fuertemente fuerza y movimiento y la enuncia de la siguiente forma:

Si un cuerpo está moviéndose, existe una fuerza neta sobre él en la dirección del movimiento. Si el cuerpo no se está moviendo, no existe fuerza neta actuando sobre él.

* Las visiones de los niños difieren incluso dentro de un *framework* general. Describe algunas diferencias en las explicaciones de los niños:

- Algunos consideran que la piedra se para en el punto más alto antes de invertir su dirección mientras que otros consideran que la piedra no se para en el punto más alto sino que simplemente invierte su movimiento.

Algunas explicaciones textuales de los niños:

"...porque (la piedra) está viajando hacia arriba por lo tanto, la fuerza debe estar haciéndola ir hacia arriba ... ahora está cambiando su dirección así que debe estar parada... está viajando hacia abajo así que la fuerza debe estar viajando hacia abajo también".

" Acaba de abandonar la mano por lo tanto, la fuerza está empujando fuertemente hacia arriba...empieza a caer hacia abajo conforme alcanza al altura máxima... la gravedad está forzando la piedra hacia abajo"

- Algunos mencionaron la gravedad como una característica de todo el movimiento mientras que otros consideran que empieza a ejercer su acción en la altura máxima cuando empieza a caer hacia abajo. Algunas explicaciones textuales de los niños:

"No existe fuerza porque está en el pico de la altura y pronto la gravedad tirará de él hacia abajo pero todavía no"

"El poder se ha parado y la gravedad pronto empezará a tirar de ella hacia abajo"

- Para una minoría, no es necesario la existencia de fuerzas en el proceso de caída porque la tierra parece ser el lugar natural para que las cosas caigan.

- Para un considerable número de niños, el movimiento disminuye cuando la fuerza disminuye. Esto tiene un significado similar al "momento" tal como lo usaría un físico.

En cuanto a las entrevistas con los profesores: muestran un alto grado de empatía con el punto de vista de los alumnos y sugiere que el abismo de comprensión es más pequeño de lo que se suponía.

Cuestiones 7 y 8:

- Opción de respuesta mayoritaria:

la persona que gana es la que ejerce una fuerza más grande sobre la cuerda. (82% de la muestra)

- De ahí deduce una *alternative framework* que puede enunciarse:

Si dos cuerpos están interactuando para generar un estado de movimiento, uno de estos debe estar ejerciendo una fuerza más grande sobre el otro.

- Algunas explicaciones textuales de los alumnos:

" La persona de la izquierda está dando más fuerza porque está ganando".

" La persona de la izquierda debe estar ejerciendo más presión porque está tirando de la persona de la derecha hacia delante".

- Se puso de manifiesto una *framework* inesperada: muchos alumnos interpretaban las

flechas en los diagramas de una forma contraria a la convención seguida por profesores y libros de texto.

En las entrevistas con los profesores, estos predijeron con bastante acierto las respuestas de sus alumnos y uno mostró trazas de confusión en su interpretación de la cuestión.

Cuestión 9:

Opción mayoritaria:

- (48%) La fuerza que tira del coche hacia abajo es mayor para el que está más arriba en la montaña.

Algunas explicaciones textuales:

" porque el coche está más arriba en la montaña y tendrá más fuerza tirando de él hacia abajo".

" porque al estar el coche más alto, la fuerza es más grande"

" si tú estás más bajo, la fuerza es más débil"

" La montaña está muy inclinada y la gravedad tira las cosas hacia abajo a la tierra...el segundo hombre está mucho más alto, así que la fuerza será mucho más grande".

"El hombre en la parte de arriba tiene que empujar con más fuerza sobre el coche conforme la pendiente es más abrupta...mientras el hombre de abajo tiene la parte suave de la pendiente".

"Cuanto más cerca de la parte de arriba de la montaña ésta es más abrupta y necesitas empujar más fuerte".

"Se empuja más fuerte cuanto mayor es el ángulo".

"Al estar en la parte más abrupta de la pendiente, el hombre tendría que empujar más fuerte".

Frameworks inesperados;

- La gravedad se incrementa con la altura.
- La pendiente es más escarpada en la parte superior (cuando el diagrama mostraba un ángulo constante).

Cuestión 10.-

Opción mayoritaria:

- Los objetos se moverían hasta que estuviesen todos al mismo nivel (78%).

Descripción de explicaciones:

- Para algunos eso es una consecuencia normal al ser los objetos iguales.

- Para otros, su concepto de fuerza incluye un tipo de árbitro consumible de diferencias. Estar al mismo nivel, ser iguales, o estar equilibrados parece ser el orden natural de las cosas.

Explicaciones de los niños:

"Los objetos tienen el mismo peso por ello se situarían a la misma altura".

"Ambos pesan lo mismo pero si se tira de un peso ligeramente por encima en un lado, el otro será capaz de igualarlo".

" Porque el lado corto es tirado hacia la tierra y cuando están iguales no existe fuerza así que no se mueven".

"La fuerza del bloque en el aire es mucho más fuerte que aquella sobre la tierra a fin de que lleguen a ser iguales".

Los profesores fueron menos capaces de predecir las tendencias. Esperaban que más alumnos contestaran correctamente las cuestiones de lo que ocurrió.

Cuestión 11.-

Opciones mayoritarias:

- La llave inglesa permanecería estacionaria a la altura de la mano sobre la superficie de la luna.

- Ascendería hacia arriba lejos de la superficie.

(Juntas corresponderían al 80%)

Descripción de las explicaciones de los niños:

- La luna no tiene atmósfera y por lo tanto no tiene fuerza.

- No hay gravedad y por lo tanto no hay fuerza.

- El aire de la luna lo forzaría a ir hacia arriba.

Algunas explicaciones de los niños:

"No existirá fuerza porque no existe gravedad o atmósfera".

" No existe gravedad sobre la luna así que no existe fuerza".

" Sobre la luna no existe gravedad. La gravedad tira de las cosas hacia abajo de la tierra. Si no existe gravedad, el objeto debería ascender".

" Sería empujado hacia arriba por la fuerza del aire de la luna".

" En el espacio se supone que cualquier cosa es más ligera así que flotará por arriba igual que un globo de gas".

Los profesores fueron menos capaces de predecir las tendencias.

Cuestión 12:

Opciones mayoritarias:

- La linterna encendida tendría sobre ella una fuerza más grande (47%)

- No existiría diferencia (42%)

Descripción de las explicaciones de los niños:

El lenguaje de los niños de 14 años carece de precisión y sus palabras sostienen significados globales y generosos.

Algunas explicaciones de los niños:

" La linterna que está encendida tiene más fuerza porque es necesitada para emitir rayos de luz. La linterna que tiene energía potencial no necesita una fuerza tan grande como la que está encendida".

" La linterna encendida necesita más fuerza porque está consumiendo energía".

"La fuerza de la energía de la linterna que está encendida es más grande que la de la que está apagada".

Para finalizar habría que indicar que no se tiene en cuenta el carácter evolutivo de las concepciones y su estudio se hace a nivel descriptivo.

3

Referencia bibliográfica

MALONEY, D.P. 1984. Rule-governed approaches to physics-Newton's third law. *Physics Education*, Vol.19, pp. 37-42.

3.1 Contenido y pretensiones

Maloney (1984) investiga el conocimiento de los sujetos en tareas específicas sobre la tercera ley de Newton (fuerzas que dos objetos sobre una superficie horizontal ejercen uno sobre el otro cuando se mueven). También se buscan las reglas (modelos o estrategias de razonamiento) que subyacen en las concepciones alternativas del sujeto *no consistentes con el contenido académico*; para lo cual utiliza la "técnica de valoración de reglas" (Siegler 1976 y 1978) que es un método para investigar las estrategias cognoscitivas utilizadas por el sujeto en tareas específicas

3.2 Supuestos y previsiones

La técnica de valoración de reglas de Siegler permite hacer ciertas previsiones (desarrollos hipotético-deductivos) y así contrastar las estrategias ideales con las realmente utilizadas por los alumnos. *Las estrategias del sujeto son tan importantes como sus concepciones sobre la tercera ley de Newton*, pues aunque no conducen a soluciones correctas, se usan para comprender y dar sentido al medio que le rodea

3.2.1 Referentes y apoyos.

Utiliza la llamada "técnica de valoración de reglas" (Siegler 1976 y 1978) que es un método para investigar el conocimiento estratégico de los sujetos al determinar cómo los individuos se ocupan de tareas específicas.

Expone una serie de consideraciones derivadas de trabajos de otros autores sobre la naturaleza y características de las concepciones alternativas de los alumnos:

La existencia de concepciones alternativas en las mentes de los estudiantes está en este momento bien establecido (Towbridge y McDermott 1980, Clement 1982 y Lochhead 1979). Lo que todavía no es bien conocido es la dificultad implicada al llevar a los estudiantes a cambiar sus concepciones. Arons 1982, Minstrell, 1982b, McDermott 1982 y Viennot 1979 entre otros, han presentado algunas de las dificultades que ocurren cuando realmente se intenta cambiar estas concepciones. Los estudios de Clement (1982) y McCloskey y col. (1980), en los cuales muchos estudiantes han cogido un curso de física habían encontrado que habían retenido sus concepciones originales, también muestra la persistencia de estas concepciones.

Kuhn y Phelps (1979) han afirmado que "El obstáculo más difícil al confrontar sujetos no parece ser la adquisición de nuevas estrategias sino más bien la habilidad para abandonar las existentes, menos adecuadas". Si esto es correcto, entonces la identificación de las estrategias existentes en los estudiantes y las concepciones llegan a ser extraordinariamente importantes. Lo que está implícito aquí es un tipo de problema de valor inicial que los profesores de física deben primero darse cuenta de que existe y después intentar resolverlo. Como físicos tenemos experiencia en resolver problemas de valor inicial, pero el identificado aquí ha permanecido esencialmente no recogido.

El proceso de transformación desde este estado inicial, una vez que ha sido descubierto, al estado final deseable es muy complejo. Gilbert y col. (1982) dan una presentación excelente de posibles resultados cuando los estudiantes sufren nuestros intentos de enseñarles a ellos ciencias.

El punto de vista presentado por Gilbert y col. es una forma muy útil de pensar sobre la enseñanza de la ciencia.

Señalar que aunque estas estrategias alternativas son menos adecuadas en cuanto que no conducen a soluciones correctas para los problemas de la tercera ley de Newton, permiten al individuo, incluso al profesor de física dar sentido a su mundo.

Posner y col. (1982) han desarrollado una teoría del cambio conceptual en la cual la adquisición de un nuevo concepto requiere cuatro condiciones.

3.2.2 Referencias a otros trabajos

Existen estudios de las conceptualizaciones de la gente sobre situaciones estáticas (Watts y Zilbersztajn 1981 y Viennot 1979) que implican objetos interactuando pero no que impliquen sistemas en movimiento.

3.3 Toma de datos

A una muestra de 112 estudiantes de High School se le pasa un test de elección múltiple y, además, se solicitan explicaciones sobre la elección. Las *preguntas giran directamente sobre el contenido* y en todos los items se plantea la misma cuestión y opciones. Para diseñar el *cuestionario utiliza la técnica de Siegler: se generan nuevas cuestiones variando la situación más simple* (dos bloques sobre una superficie horizontal): bloques adosados o enganchados; masas iguales o distintas; sistema en reposo o en movimiento, con velocidad o aceleración constante; el bloque causa movimiento o se opone; empuja o tira...

Más detalladamente, la muestra estaba formada por voluntarios de tres grupos diferentes de estudiantes. Un grupo de estudiantes acababa de empezar un curso de física general de un año de duración. Fueron testados al principio del laboratorio durante la segunda semana del semestre.

El segundo grupo constaba de no especialistas en ciencias matriculados en un curso de ciencias de educación general. Fueron testados en clase a mitad del semestre justo antes de recibir instrucción sobre las leyes de Newton.

El tercer grupo estaba compuesto de especialistas de química junior y senior matriculados en un curso de química física de un año de duración para el cual la física general era un prerrequisito.

Estos estudiantes fueron testados en clase cerca del final del primer semestre.

112 estudiantes se dividieron en dos subgrupos que hicieron tareas distintas.

Utiliza la llamada "técnica de valoración de reglas" (Siegler 1976 y 1978) que es un método para investigar el conocimiento estratégico de los sujetos al determinar cómo los individuos se ocupan de tareas específicas.

Usar el procedimiento de valoración de reglas requiere hacer un análisis de tareas para:

- (i) identificar los tipos de problemas y
- (ii) determinar las estrategias -correctas e incorrectas- que pueden ser aplicadas a las tareas (problemas) sobre las cuales los sujetos van a trabajar.

A los sujetos se les dio un conjunto de tareas que sólo tenía ítems de empuje o ítems de tirón. Una vez completado el cuestionario se les pedía escribir una explicación del procedimiento que habían seguido para completar los 24 ítems.

Se consideraron secuencias de respuestas ideales cogiendo la estrategia particular. Esto se hizo para todas las estrategias. Después las respuestas de los sujetos fueron comparadas con todas las secuencias ideales hasta que se encontró que hacían juego.

Las explicaciones de los alumnos fueron chequeadas dos veces con asignación de reglas para estar seguros de que eran consistentes. (A los ítems se les asigna una regla y también a las explicaciones).

3.3.1 Técnicas utilizadas para recoger la información del alumno.

Criterios para la construcción del cuestionario:

Existen algunas razones por las que la técnica de valoración de reglas es únicamente apropiada para determinar las concepciones de los estudiantes. En cuanto que la misma cuestión es preguntada para todos los ítems y las mismas respuestas son útiles, existe poca oportunidad de que alguien obtenga una idea de cómo trabajar los ítems desde el test mismo. Los problemas particulares utilizados son identificados sobre la base de un análisis de la situación problema y de las estrategias que podrían ser usadas en relación a los problemas. Como tales ellas son diseñadas para distinguir entre las estrategias. Finalmente las respuestas de los estudiantes pueden ser complementadas

teniendo ellos que explicar su razonamiento. Estas explicaciones pueden entonces servir como un chequeo sobre la identificación de una estrategia.

El resultado global es un método seguro de determinar el razonamiento de los estudiantes como es posible para un profesor de clase.

Debe señalarse que este método no se presenta como una alternativa a los métodos de investigación en más profundidad tales como los diversos procedimientos de entrevista. Más bien es una herramienta viable para el profesor de clase que necesita una bien establecida pero rápida determinación del razonamiento de sus estudiantes. El autor ve poca alternativa para cubrir aquella necesidad al lado de las medidas de papel y lápiz.

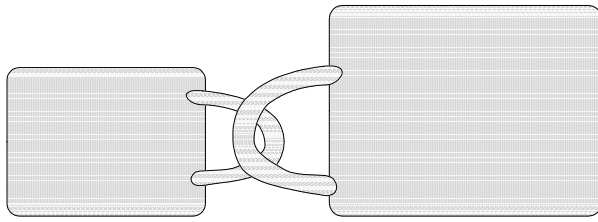
Utiliza la llamada "técnica de valoración de reglas" (Siegler 1976 y 1978) que es un método para investigar el conocimiento estratégico de los sujetos al determinar cómo los individuos se ocupan de tareas específicas.

El término regla es una denominación general para un modelo o estrategia de razonamiento definido. Usar el procedimiento de valoración de reglas requiere hacer un análisis de tareas para:

- (i) identificar los tipos de problemas y
- (ii) determinar las estrategias -correctas e incorrectas- que pueden ser aplicadas a las tareas (problemas) sobre las cuales los sujetos van a trabajar.

- (i) Identificar tipos de problemas.

Para este estudio fue elegida la situación más simple posible, es decir, dos bloques sobre una superficie horizontal. El análisis de la tarea reveló 8 tipos de problemas. En realidad son 16 tipos de problemas, 8 de tirar y 8 de empujar.



Existen dos formas en que los bloques pueden interactuar:

A) un bloque empujando a otro bloque

B) los bloques enganchados de manera que un bloque tira del otro.

Bloques en reposo.

(1) La masa del bloque A es igual a la masa del bloque B.

(2) Los bloques A y B tienen diferentes masas.

Bloques moviéndose con velocidad constante.

(1) La masa del bloque A es igual a la masa del bloque B.

(2) Los bloques A y B tienen diferentes masas: (a) masa más grande es la causa; (b) masa más grande se opone.

Bloques moviéndose con aceleración constante.

(1) La masa del bloque A es igual a la masa del bloque B.

(2) Los bloques A y B tienen diferentes masas: (a) la masa más grande es causa (b) la masa más grande se opone.

Causa indica el bloque que está empujando o tirando del otro en la dirección del movimiento.

Se opone indica el bloque que está siendo empujado o tirado.

Se dijo a los sujetos que ignorasen el agente externo que empujaba o tiraba cuando consideraran las fuerzas que los bloques ejercían uno sobre otro.

Pregunta:

La cuestión que se preguntaba en el test era la misma para todos los items: ¿Cómo es la fuerza que A ejerce sobre B comparada con la que B ejerce sobre A?.

Formato del cuestionario:

* Test de elección múltiple de lápiz y papel. Las respuestas posibles eran siempre las mismas tres:

- A ejerce una fuerza más grande
- las fuerzas son iguales
- B ejerce una fuerza más grande

Los conjuntos de tareas constan de 24 items, 3 items diferentes de los 8 tipos de problemas. Dentro de cada ciclo de 8 items, la secuencia fue aleatoria.

Se construyeron dos conjuntos diferentes: en un conjunto los bloques eran empujados cuando el movimiento estaba implicado y en el otro los bloques eran enganchados juntos y tirados cuando el movimiento estaba implicado.

A los sujetos se les dio un conjunto de tareas que sólo tenía items de empuje o items de tirón.

* Una vez completado el cuestionario se les pedía escribir una explicación del procedimiento que habían seguido para completar los 24 items.

3.4 Tratamiento de datos

Cada regla (categoría) explicaría una determinada secuencia de respuestas a los items del test. Esto permite jerarquizar las categorías en cuanto que el rango de combinaciones posibles va desde lo global, donde todas las decisiones son tomadas sobre la base de la masa solamente, hasta lo particular, donde estados diferentes de movimiento son tratados de forma diferente según la relación entre las masas y según sea el bloque que causa el movimiento. Calcula el porcentaje de sujetos que utilizan cinco reglas concretas (63%) en función del conjunto de tareas y de la base en Física

3.4.1 ¿Qué criterio se utiliza para categorizar los datos?

Puntuación de los conjuntos de problemas:

Se consideraron secuencias de respuestas ideales cogiendo la estrategia particular (por ejemplo tomando todas las decisiones sobre la base de la masa más grande y aplicándolo a cada ítem. Esto se hizo para todas las estrategias. Después las respuestas de los sujetos fueron comparadas con todas las secuencias ideales hasta que se encontró que hacían juego.

Se consideraba que casaban si existía acuerdo en no menos de 21 ítems. Sólo se permitían 3 desviaciones de la secuencia ideal. Si más de una respuesta no casaba, los errores no podían ser sobre el mismo tipo de problema.

* Las explicaciones de los alumnos fueron chequeadas dos veces con asignación de reglas para estar seguros de que eran consistentes. (A los ítems se les asigna una regla y también a las explicaciones).

* Criterio para establecer las reglas:

- Identifica las características principales de las tareas: masa de los bloques y estado de movimiento del sistema.

Las masas pueden ser iguales o distintas. El sistema puede estar en tres estados: reposo, movimiento con velocidad constante y movimiento con aceleración constante.

Otra característica es quién causa el movimiento y quién se opone al movimiento.

* Reglas:

Una regla particular surge de una combinación particular de decisiones sobre la importancia de las diferentes características. Aunque existe un número tremendo de reglas posibles, la mayoría son de la variedad particular y no comunes, poca gente usa tal regla.

Las posibles reglas pueden clasificarse en 6 categorías:

Categoría 1: Todos los tipos de movimiento (estados) son tratados de una forma similar, por ejemplo, todas las decisiones son hechas sobre la base de la masa solamente.

Categoría 2: El reposo es tratado como único pero velocidad constante y aceleración son

tratados de la misma forma. Por ejemplo, las fuerzas en reposo son consideradas iguales pero para sistemas en movimiento la causa ejerce una fuerza más grande.

Categoría 3: Reposo y velocidad constante son tratados de una forma similar, pero aceleración es considerada como un caso único. Por ejemplo, para reposo y velocidad constante las fuerzas son consideradas iguales, pero para sistemas acelerados, la masa más grande ejerce la fuerza más grande.

Categoría 4: Los tres tipos de movimiento son tratados individualmente centrándose sobre una faceta, o bien la masa o bien la causa. Por ejemplo, en reposo las fuerzas son iguales. Para velocidad constante, la causa ejerce la fuerza más grande. Para sistemas acelerados, cuanto más grande es la masa, más grande será la fuerza que ejerza.

Categoría 5: Los tres tipos de movimiento son tratados individualmente teniendo en cuenta ambas características o bien con velocidad constante o con aceleración constante. Por ejemplo, en reposo, cuanto más grande es la masa ejerce una fuerza más grande. Para velocidad constante la causa ejerce la fuerza más grande pero para sistemas acelerados la masa más grande ejerce la fuerza más grande a menos que esté oponiéndose; entonces las fuerzas son iguales.

Categoría 6: Los tres tipos de movimiento son tratados individualmente considerando ambas características para velocidad constante y aceleración constante. Por ejemplo, en reposo las fuerzas son iguales. Para velocidad constante, el bloque que se opone ejerce una fuerza más grande a menos que la masa sea más pequeña; entonces, las fuerzas son iguales. Para sistemas acelerados la masa más grande ejerce la fuerza más grande, pero cuando las masas son iguales la causa ejerce la fuerza más grande.

Se han encontrado 41 reglas distintas. La mayoría de ellas sólo son usadas por una o dos personas.

Reglas (tienen en cuenta 2/3 de las respuestas):

1a.- La masa es el único determinante de todos los estados de movimiento. Masa más grande ejerce una fuerza más grande.

2a.- En reposo las fuerzas son iguales, pero para sistemas en movimiento, masas más grandes ejercen fuerzas más grandes.

2b.- En reposo las fuerzas son iguales pero para sistemas en movimiento la causa ejerce una fuerza más grande.

3a.- Para reposo y velocidad constante las fuerzas son iguales, pero para sistemas acelerados masa más grande ejerce fuerza más grande.

3b.- Para reposo y velocidad constante las fuerzas son iguales pero para sistemas acelerados la causa ejerce una fuerza más grande.

* Calcula el % de sujetos que utilizan estas cinco reglas (63% del total) con independencia del conjunto de tareas que ha realizado.

* Calcula el % de sujetos que utilizan estas cinco reglas (63% del total) en función del conjunto de tareas que ha realizado y de la base en física durante HS.

El pequeño número de sujetos que no dieron física en la HS impide llegar a conclusiones definitivas.

* Compara la adscripción de las respuestas de los estudiantes a una determinada regla en función de que hubieran cogido o no física universitaria:

- los estudiantes con más experiencia en física es mucho más probable que consideren reposo y velocidad constante como situaciones equivalentes.

- pocos estudiantes de los que tenían más experiencia usaron la masa como única base para sus decisiones

- Sólo 6 de los estudiantes no novatos emplearon la estrategia correcta.

3.4.2 ¿Se tiene en cuenta el carácter evolutivo de las concepciones o se estudian a un determinado nivel de estudios o a una determinada edad?

Se categorizan tipos de respuestas.

Aunque el estudio se realiza con estudiantes de una misma edad, sin embargo, las respuestas de los alumnos se clasifican en una serie de categorías en orden creciente de complejidad en cuanto al número de variables que utilizan para interpretar las situaciones físicas.

3.4.3 ¿Se estudian las concepciones a nivel descriptivo, o por el contrario, se interpretan y se intentan explicar?

Hay interpretación. Con respecto a la regla 3a uno podría legítimamente preguntarse si no es realmente una confusión de la primera y la tercera leyes sino de la segunda y la tercera. Aunque los estudiantes no tienen valores numéricos para las aceleraciones, los valores de las masas han sido dados. Frecuentemente los estudiantes que usan esta regla incluirían la ecuación $F=ma$ en sus explicaciones. Así incluso aunque carezcan de la información necesaria para hacer cálculos, ellos estaban pensando en términos de la segunda ley.

Los resultados del presente estudio revelan un problema potencial importante al intentar satisfacer los items 2, 3 y 4 de las condiciones señaladas por Posner y col. (1982) para producir un cambio conceptual cuando se enseña la tercera ley (nuevo concepto inteligible, plausible y fructífero).

El problema es que los estudiantes probablemente tienen una perspectiva mientras que el instructor tendrá otra diferente sobre el territorio conceptual que es atravesado. El instructor probablemente ve sólo dos o tres estados conceptuales alternativos posibles: (i) sostener la conceptualización correcta, (ii) confundir la segunda y tercer ley o (iii) tener alguna conceptualización vaga y nebulosa.

Pero los estudiantes es posible que vean una situación mucho más compleja. Ellos probablemente perciben no sólo su propia conceptualización sino también la que el instructor está presentando y posiblemente algunas de las alternativas presentadas aquí. Como Arons 1981 señala, casi nunca se presentan argumentos para rechazar las alternativas. Consecuentemente, es posible que el estudiante también se pregunte aunque probablemente no conscientemente, por qué ciertas alternativas que le parecen razonables a él son rechazadas. El hecho de que en este estudio un número de reglas diferentes fueran

adoptadas por los estudiantes con más experiencia fueran adoptadas parece soportar este argumento.

3.4.4 Estudios sobre fiabilidad y validez de los datos

En cuanto a fiabilidad de los resultados, indicar que algunas evidencias corroboran los resultados obtenidos:

1.- La experiencia de enseñanza del autor ha encontrado numerosos ejemplos de estudiantes que confunden y combinan la segunda y tercera ley de Newton como se ha encontrado para una porción importante de sujetos de este estudio.

2.- Las conceptualizaciones encontradas en este estudio para las situaciones de reposo son consistentes con los resultados encontrados por otros investigadores usando otros enfoques (Viennot, 1979, Watts y Zylbersztajn 1981). Consecuentemente existen razones para creer que la situación descubierta por este estudio es razonable.

3.4.5 Aportaciones

- Las tendencias en las respuestas son las mismas sea la que sea la base de física en high school.

- Existen diferencias más claras entre los alumnos que habían cogido física universitaria y los novatos.

* En cuanto a la metodología utilizada: método de valoración de reglas de Siegler.

fuerzas y equilibrio, así como los cambios de sus esquemas conceptuales como resultado de la madurez o de la instrucción. También buscan estrategias que puedan mejorar el desarrollo conceptual en esta área. Se hablan de preconcepciones intuitivas, concepciones erróneas y creencias intuitivas indistintamente sin dar definiciones (parece ser las explicaciones no acordes con el contenido académico)

4.2 Supuestos y previsiones

De un modo *inductivo* se agrupan respuestas (porcentajes) y se delimitan algunos esquemas conceptuales (cada uno se liga a una situación física), se deduce algún esquema conceptual, todo ello tomando como *referencia el contenido académico* (respuestas correctas/incorrectas). Se hace referencias a estudios realizados por otros autores (Clement, 1982; Minstrell, 1982). Se utiliza el término *esquema conceptual* para referirse a los puntos de vista que tiene el alumno sobre el mundo que derivan de su experiencia, lecturas, TV y lo enseñando con anterioridad

4.2.1 ¿Cuál es el contexto teórico en el que se desarrolla la investigación?

Está de acuerdo con la corriente del cambio conceptual tal como fue propuesto por Posner y al. (1982). De hecho, en el presente trabajo el autor hará sugerencias para promover el cambio conceptual.

En cuanto a referentes y apoyos, alude a dos estudios previos:

Watts y Zylbersztajn (1981) y Maloney (1984). Hace ligeras referencias a los resultados obtenidos por estos autores en trabajos sobre la tercera ley de Newton.

4.2.2 ¿Qué secuencia siguen las distintas partes de la investigación?

- Justificación del trabajo:

La confusión entre las fuerzas actuantes sobre diferentes cuerpos a menudo procede de una comprensión errónea de la tercera ley y esto a su vez contribuye a sus dificultades conceptuales con la segunda ley.

Referencia bibliográfica

TERRY, C. y JONES, G. 1986. Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. *European Journal of Science Education*, Vol.8, N°3, pp. 291-298.

4.1 Contenido y pretensiones

Terry y otros (1985) intentan averiguar las *preconcepciones intuitivas de los niños sobre*

Para que los estudiantes tengan una comprensión satisfactoria del concepto de fuerza, deben tener una clara comprensión de las tres leyes de Newton y apreciar las relaciones entre ellas. Por ello, cualquier esfuerzo que se haga para mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes, debería estar relacionada con cambiar sus esquemas globales del concepto de fuerza. La mayoría de las investigaciones de fuerza y movimiento se han centrado sobre la primera y segunda ley de Newton.

- Propósito del trabajo:

Investigar algunas de las dificultades conceptuales que los estudiantes encuentran con la tercera ley de Newton y examinar las implicaciones que éstas es posible que tengan para llevar a un cambio en su comprensión global del concepto de fuerza.

Examinar las dificultades mostradas por alumnos de 16 años que recientemente habían completado un curso de nivel O en Física.

4.2.3 Referencias a otros trabajos

Referencias a resultados reflejados por otros trabajos sobre el mismo contenido. Watts y Zylbersztajn (1981) y Maloney (1984).



4.3 Toma de datos

Sobre una muestra de 3º, 4º y 5º año de Comprehensive School que habían recibido distinto nivel de instrucción formal en Física, se pasa un cuestionario de *preguntas abiertas de lápiz y papel* con dibujos sobre situaciones físicas presentadas donde se hacen preguntas directas sobre el contenido objeto de búsqueda *modificando los aspectos perceptivos*

Se presenta a los alumnos una serie de tareas consistentes en una serie de dibujos que describían situaciones físicas. Se pedía a los alumnos interpretarlas en términos de la tercera ley de Newton.

No se especifica si la pregunta se realiza por escrito u oral.

- Cuestionario: Recoge las respuestas más extendidas dando porcentajes.

Los cuatro primeros problemas pretendían obtener una visión completa de la comprensión de los alumnos de la tercer ley de Newton.

1a.- Una persona de pie en el suelo.

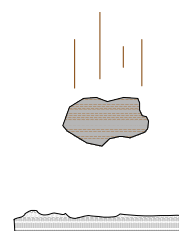
Identificar la fuerza que según la tercera ley de Newton está emparejada con la fuerza peso.

Respuestas:

- Respuesta correcta: fuerza ejercida por la persona sobre la tierra. (2 alumnos).

- Fuerza ejercida sobre la persona por la tierra (2/3 del resto de alumnos).

1b.- Una piedra cayendo libremente.



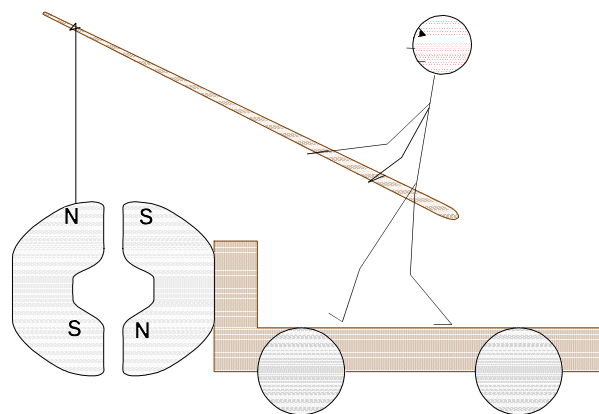
Identificar la fuerza que está emparejada con la fuerza gravitacional de la tierra actuando sobre la piedra.

Respuestas:

- Respuesta correcta (4 alumnos).

- La resistencia del aire (1/2 de la muestra).

Los problemas 2a y 2b pedían predecir el resultado de situaciones donde dos objetos interaccionaban.



2a.- Dos imanes usados con la intención de mover un vehículo.

Debatir si se moverá o no el vehículo.

Respuestas:

- El vehículo se moverá en función de la fuerza atractiva de los imanes (90% de la muestra).

2b.- Dos personas de pie sobre un bote.

Explicar lo que ocurriría con el movimiento del bote si una persona empuja a la otra.

Respuestas:

- Respuesta correcta(15%).

Los problemas 3a y 3b examinaban la comprensión de las fuerzas de interacción entre dos objetos de masas desiguales.

3a.- Dos patinadores de ruedas de masas iguales conectados por una cuerda.

Describir lo que ocurriría si sólo uno de ellos tira de la cuerda.

Respuestas:

- Respuesta correcta: se moverían uno hacia el otro. (90%)

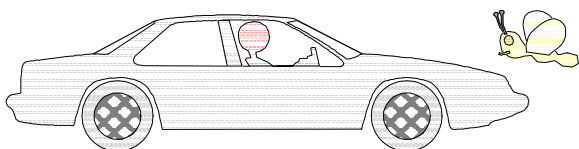
3b.- Dos patinadores de ruedas de masas distintas conectados por una cuerda.

Describir lo que ocurriría si el que tira de la cuerda es el patinador de menor masa.

Respuestas:

-Sólo se movería el patinador de menor masa (1/2 de la muestra).

4a.- Un insecto choca contra el parabrisas de un coche moviéndose.



Comparar las fuerzas de impacto.

Respuestas:

- La fuerza ejercida por el parabrisas sobre el insecto sería más grande que la ejercida por el insecto sobre el parabrisas. (60%)

4.4 Tratamiento de datos

En general, detectan un sólo *esquema conceptual*, el resto son descripciones de *respuestas erróneas mayoritarias* para cada una de las situaciones físicas propuestas, estableciendo porcentajes sobre las respuestas erróneas y correctas de mayor aparición. No da porcentajes para el esquema conceptual. El *referente para hacer las clasificaciones es el contenido que es objeto de búsqueda*.

No se pone en juego estrategia alguna que permita ponderar la fiabilidad o validez de los datos

4.4.1 Modos de categorizar los datos

De las respuestas a las cuestiones 1a y 1b se infiere:

- Las dos fuerzas de un par de la tercera ley de Newton actúan sobre el mismo objeto para mantenerlo en equilibrio. (misconception)

- No comprensión de que las fuerzas proceden de interacciones entre dos objetos y que las fuerzas implicadas en la interacción pueden ser descritas por la tercera ley de Newton.

De las cuestiones 2a y 2b se infiere:

- No comprensión de que las fuerzas proceden de interacciones entre dos objetos y que las fuerzas implicadas en la interacción pueden ser descritas por la tercera ley de Newton.

De las cuestiones 3a, 3b y 4 se infiere:

- Influencia de la familiaridad de la cuestión 3a (ejemplo generalmente usado para explicar en clase la tercera ley de Newton). Dificultad de los alumnos en situaciones ligeramente distintas de las familiares.

- Empleo de un enfoque intuitivo ingenuo mas que interpretación de la situación en términos de una interacción que podría ser descrita por la tercera ley de Newton.

- Conclusión:

- Cuando se enfrenta a los niños con situaciones de cada día que implican interacciones, son generalmente incapaces de interpretar estas situaciones en términos de la tercera ley de Newton.

- Cuando se dice a los niños que las fuerzas van en parejas, los niños, generalmente incorporan este hecho erróneamente en su comprensión conceptual de la primera ley mas que formar la base de su comprensión conceptual de la tercer ley.

4.4.2 Sugerencias para promover el cambio conceptual (implicaciones didácticas)

- en cuanto a planteamiento de situaciones,
- evitar el uso de las palabras acción, reacción, opuestas que pueden inducir a interpretaciones no correctas,
- relacionar el concepto con experiencias pasadas del estudiante, utilizarlo para resolver nuevas situaciones...

4.4.3 ¿Qué criterio se utiliza para categorizar los datos?

La estructura de los contenidos académicos. Aciertos y errores. Los errores son el resultado de una mala comprensión. Especifica algunas

Para cada situación describe uno o dos tipos de respuestas, las más extendidas.

4.4.4 ¿Se tiene en cuenta el carácter evolutivo de las concepciones o se estudian a un determinado nivel de estudios o a una determinada edad?

Para determinar cómo se han estructurado las experiencias piagetianas, se va a No, ya que se toma muestras a una determinada edad y con alumnos que habían niveles que usa Piaget para encasillar las respuestas de los sujetos.

4.4.5 ¿Se estudian las concepciones a nivel descriptivo o por el contrario, se interpretan? Exclusivamente a nivel descriptivo. A lo largo de su obra, Piaget realizó algunas 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.

Experiencias piagetianas sobre el conocimiento del sujeto

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.

Ya que las características que delimitan cada nivel se abordan escuetamente, se cita en el momento oportuno el experimento que mejor ilustra y explica las distintas argumentaciones. En todo momento se procurará resaltar los aspectos relativos al área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

1.1 NIVEL IA

El pensamiento del niño de este nivel es esencialmente egocéntrico, entendiéndolo 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: animismo, o creencia de que ciertos cuerpos inertes tienen vida y es a través de éste como explica el comportamiento de los objetos y 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 la representación estática que se manifiesta en 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 estos ya que sólo capta las fases estáticas de la transformación (exp. 1), y por otro, por el centramiento y ocurre esto cuando la atención se polariza en algún aspecto figurativo de una situación física 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 requerir ayuda externa.

1.2 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 transformaciones mentales paralelas a como ocurren 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.

1.3 NIVEL IIA

El cambio que determina una E.C. 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 en tanto posibilitan la reconstrucción mental de acciones permiten al sujeto realizar anticipaciones (exp. 16) y en tanto se puede mentalmente volver una transformación a su estado inicial, permite comparar los distintos

estados de ésta 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 las relaciones causa-efecto sencillas 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 asimila 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: en el caso de inclusiones entre clases, donde se realiza una acción opuesta que contrarresta la primera acción (exp. 4, 5), la reversibilidad se denomina inversión, 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 preoperatoriales. 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 $A \subset B \subset C$, 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 $A+B=B$.

1.4 NIVEL IIB

Los progresos que se aprecian respecto al nivel anterior no se deben a la aparición de nuevas

operaciones o a la aparición de nuevas interrelaciones entre éstas, más bien, las novedades están relacionadas con el carácter parcial y concreto de las operaciones recién creadas, ya que es la continua ejercitación de éstas en las más diversas situaciones físicas lo que va a permitir al sujeto extenderlas a nuevos dominios operando y asimilando nuevas variables, a la vez que se realizan elaboraciones más completas de los datos empíricos en base a clasificaciones, seriaciones y relaciones más complejas.

Si en el nivel IIA se realizan clasificaciones según dos criterios y dobles seriaciones con simples factores figurativos, en este nivel se utilizan otros factores más complejos. Se controlan mediciones para dos y tres dimensiones lo que le permite interpretar histogramas. Se prevé la horizontalidad del nivel de agua en un recipiente inclinado y la verticalidad de una plomada.

En el terreno causal, se abordan problemas dinámicos buscando las causas que provocan el movimiento, esto les lleva a una diferenciación entre fuerza y movimiento. Este mismo progreso le lleva a algunas regresiones como que un peso pesa más en la parte de abajo de un hilo que en la parte superior ya que no está en situación de resolver debido a los medios operatorios que posee.

Descubre relaciones lineales sencillas (peso y alargamiento del muelle). Usa argumentos de compensación cuando interviene solo una variable. Prevé resultados a partir de datos utilizando proporciones métricas si la razón son simples números enteros. Realiza progresiones numéricas ascendentes o descendentes según el doble o el triple. Relaciona variables simples (peso, longitud) si solo intervienen dos en relación lineal, ve el efecto de un factor si este es intuitivo y explícito.

Sin embargo, en ningún momento estas reacciones escapan de las limitaciones que caracterizan a las operaciones concretas de los niveles IIA y IIB: por un lado, la dependencia de las operaciones del dominio concreto sobre el que se aplican, de modo tal que operaciones tales como la conservación, adición, asociación... actúan en un primer momento sobre unos cuantos factores que

progresivamente se van ampliando, sin que en ningún momento se generalicen a todos los dominios físicos, así el sujeto de este nivel puede aplicar las operaciones sobre ciertas variables que en el nivel anterior sólo se abordaban preoperacionalmente (exp. 2), por otro, las reorganizaciones y ordenaciones de datos empíricos que permiten estas operaciones no van más allá de la que se podrían realizar mediante una reorganización física, consecuentemente, las elaboraciones y generalizaciones no se alejan demasiado del contexto empírico del que parten.

Las limitaciones de las operaciones concretas se hacen patentes en situaciones físicas donde intervienen varios factores (exp 12, 13) y algunos son determinantes de los efectos observados. Si bien el sujeto puede generar bastante información a partir de la relación de los distintos factores, no puede controlarla adecuadamente ya que no dispone de los mecanismos necesarios para ello, lo que le lleva a situaciones de confusión que en su intento de despejarlas, realizando nuevas concatenaciones más complejas, lo único que hace es complicarse aún más.

1.5 NIVEL IIIA

En el nivel IIB se pone de manifiesto cierta capacidad para revolver aquellos problemas donde intervienen varios factores, procurando controlar las variables una a una, aunque únicamente consiguen éxitos parciales en algún factor que está siempre presente o es muy evidente, pero sin poder analizar su efecto separándolo de los demás factores y utilizando sólo la reversibilidad por inversión, el descubrimiento propio del comienzo de este nivel estriba en la posibilidad de aislar cualquier factor para ver su efecto cuando sólo actúa él mientras controlan el resto haciendo que permanezcan constantes, utilizando la inversión o la reciprocidad según la naturaleza del factor (exp 12, 13).

El siguiente esquema significativo es el de relacionar los distintos factores que intervienen en un problema dado, una vez que ha conseguido disociarlos, según un sistema de combinaciones, independientemente a como se presenten relacionados en el plano concreto, lo

que genera un número de situaciones posibles mayor que el que se pueden conseguir operando con el problema concreto, de modo que las nuevas operaciones actúan es el dominio de lo posible, pasando las situaciones reales a formar una mera parte de él (exp 11). Observamos como las nuevas operaciones, además de actuar sobre datos concretos, lo hacen sobre proposiciones, algunas de las cuales se construyen mediante operaciones concretas, relacionándolas mediante implicaciones, disyunciones, incompatibilidades, equivalencias, etc (exp. 13, 14).

El sujeto admite las distintas situaciones y argumentaciones posibles como meros datos hipotéticos y opera en consecuencia con éstos, analizando las consecuencias lógicas si el problema planteado se encuentra en el plano verbal (p.e. ante la frase sin sentido " Si me gustaran las cebollas me las comería y no me gusta comer cosas desagradables", en el nivel concreto se critican los datos mientras que en formales se acepta el planteamiento y se señala la contradicción lógica) o proponiendo la construcción de una situación posible en el plano experimental para analizar si los efectos son realmente los que ha previsto (exp 13). Esta novedad señala que las nuevas operaciones están desligadas del contenido concreto sobre las que van a actuar ya que se pueden ejercer sobre cualquier tipo de dato, a la vez, se observa que el pensamiento no discurre sólo de lo concreto a lo abstracto, puede también actuar sobre proposiciones para llegar a plantear una situación concreta posible que habrá que verificar experimentalmente. El sujeto puede operar con cualquier tipo de argumento, bien sea un dato empírico, una proposición inductiva o una premisa hipotética y éste no tiene porque tener necesariamente una contrapartida física. Por lo que lo real pasa a ser una pequeña parte de los elementos con los que puede operar.

En este nivel se interrelacionan las dos formas de reversibilidad que aparecen en el nivel anterior: inversión y reciprocidad, de modo que la ejecución de una determinada operación (I) presupone su inversión (N), su recíproca (R) y su correlación (C) que es una inversión de la reciprocidad ($C=NR$) (exp. 17), lo que

constituye el grupo de transformaciones INRC, el cual permite explicar un gran parte de esquemas formales en el dominio de las explicaciones físicas como son: las proporciones métricas (exp 15, 16), la coordinación de sistemas de referencia (exp. 19, 20, 21) el equilibrio mecánico (exp 17, 18) y la conservación más allá de la experiencia (exp. 14).

1.6 NIVEL IIIB

Lo que diferencia esencialmente este nivel del precede, es la capacidad de aplicar sistemáticamente las operaciones formales adquiridas en las más diversas situaciones, lo que conlleva por otro lado la generalización de estas.

Así pues, en la resolución de una situación problemática, realiza sistemáticamente todas las combinaciones posibles de los factores que intervienen (exp.10) y proyecta una completa reconstrucción formal de todas las situaciones hipotética que serían necesarias experimentar para localizar la causa que provoca un efecto dado así como para eliminar los factores que no son efectivos. También puede realizar la estrategia inversa, esto es, dados una serie de experimentos, puede seleccionar aquellos que son necesarios para detectar el efecto o la falta de efecto de cada factor (exp. 13).

Análogamente, el grado de maduración del grupo de transformaciones INRC es tal que aplicado de forma sistemática en la resolución de situaciones físicas donde entran en juego mecanismos de acción y reacción y otros de coordinación de sistemas de referencia diferentes, le lleva a la comprensión de fenómenos físicos que no se pueden resolver en el nivel anterior como son el equilibrio de la prensa hidráulica (exp 17), la reconstrucción formal del M.U.A (exp. 23), la intuición del concepto de inercia (exp. 14), etc.

Su capacidad de generalizar le permite relacionar formalmente las distintas variables que entran en juego en una situación dada, reconstruyendo una fórmula que es aplicada sistemáticamente en la resolución de nuevas situaciones de la misma índole, tal es el caso de las proporciones métricas (exp. 15), de

relaciones espacio-temporales (exp. 16) y del concepto de densidad (exp. 11).

2

Comentarios sobre cómo se han realizado los resúmenes

En los experimentos de Piaget se puede apreciar cómo se ponen de manifiesto ante una diversidad de situaciones, las distintas capacidades cognoscitivas del alumno.

Cada resumen no siempre recoge un solo experimento; en determinados casos puede contener varios experimentos (por ejemplo, el nº 3) a condición que todos ellos traten el mismo procedimiento.

Por otra parte, hemos de tener en cuenta que estos experimentos se han desarrollado a lo largo de 50 años, donde Piaget utilizó una terminología que fue variando paulatinamente para identificar reacciones preoperatorias, operatorias concretas y formales. Por ejemplo en su libro "la representación del mundo del niño", no utiliza el concepto de estadio de conocimiento para ordenar los datos, en sus trabajos con Szemiska e Inhelder (1941-59), subdivide los estadios en niveles, indicados con una terminología que no es la misma que la que utiliza en sus colaboraciones realizadas en el Centro de Epistemología Genética (1971-73).

Esto nos ha llevado a considerar la última nomenclatura utilizada como la más adecuada (división por niveles en vez de estadios), dado que es la que el propio autor termina utilizando (Piaget y García, 1973, pp 10-11), por lo que se ha modificado la que utilizó en periodos anteriores, procurando respetar las equivalencias.

Otra cuestión que se ha tenido en cuenta es que a veces las reacciones más interesantes del sujeto frente a un determinado experimento se centran en unos determinados niveles ya que en otros, el problema planteado queda lejos de ser resuelto, o es demasiado evidente para los niños, por lo que se ha centrado la atención en los niveles cuyas respuestas son más significativas.

Finalmente decir que se ha procurado sustituir las expresiones reiterativas y complejas, tan frecuentes en este autor, por otras más sencillas y claras, procurando no perder información relevante en este proceso.

Aunque se ha realizado un buen esfuerzo para intentar hacer más claros y accesibles los resúmenes, como puede apreciar el lector, siempre se ha conseguido, posiblemente por la complejidad intrínseca de los textos piagetianos, que posiblemente hayan inducido en el que suscribe modos de expresión análogos.

3

Los 30 experiencias piagetianas

A continuación, de la página C-6 a la C35 se exponen 30 experiencias realizadas por Piaget y se ha descrito:

Introducción

Los cuestionarios que a continuación se van a presentar, están realizados dentro del marco teórico que profesa nuestro grupo de investigación; las temáticas que se desarrollan son, como se puede apreciar, muy variadas, pero también se puede percibir que las estrategias usadas en los diseños son las mismas.

A fin de comprender mejor cómo se han diseñado y desarrollado los cuestionarios, se exponen brevemente algunas indicaciones que son consideradas a tal efecto.

Las primeras instrucciones que se dan para confeccionar un cuestionario están relacionadas con el papel que juega el contenido de enseñanza; otras sugerencias vendrían dadas por la lectura de otros trabajos que han abordado el tema (si los hay) y, finalmente, completan las instrucciones, las orientaciones metodológicas expuestas más extensamente en otro lugar (Marín, 1998).

Cuestionarios realizados por nuestro grupo de investigación

2

Alcance y limitación del contenido de enseñanza para diseñar el cuestionario

El punto de partida será tomar conciencia de que un cuestionario tomado como instrumento para determinar el conocimiento del alumnado es, independientemente de los defectos de construcción, necesariamente subjetivo al conocimiento del constructor. En realidad el cuestionario lo único que hace es determinar el conocimiento de otros individuos respecto a la subjetividad del conocimiento del constructor. Con nuestro conocimiento determinamos el conocimiento del alumno.

Como todo instrumento de medida, el cuestionario comete errores, pero si lo que se pretende medir es conocimiento, éstos son aún mayores. Por este motivo, sólo la pulcritud, el rigor y el uso de una metodología que evite, en la medida de lo posible, sesgos y distorsiones, permitirían obtener una información del conocimiento del alumno suficientemente satisfactoria para su uso en la enseñanza.

Supongamos que estamos interesado en determinar qué conocimiento posee el alumnado de un determinado contenido objeto de enseñanza. Lo primero que habría que hacer es aclarar qué sabemos nosotros mismos sobre

dicho contenido, pues ese será el conocimiento que, queramos o no, vamos a usar para diseñar el cuestionario.

¿Se podría usar otros conocimientos para objetivar el proceso de construcción de un cuestionario? Sí, saber algo sobre aspectos generales y específicos del conocimiento del alumno permitiría matizar el diseño en la dirección de evitar sesgos y distorsiones ya que podemos adecuarlo algo más a dicho conocimiento.

Hay que evitar que caiga todo el peso de la construcción del cuestionario en nuestro conocimiento del contenido de enseñanza, dadas sus diferencias con los contenidos cognoscitivos del alumno, pero no se puede ni se debe renunciar a él.

En efecto, el esfuerzo de indagar sobre el conocimiento del alumno se hace principalmente para hacerle más familiar el contenido que debe aprender, por lo que de algún modo este debe estar presente en la construcción del cuestionario. Es cierto que no tiene buenas consecuencias didácticas ceñirse sólo al conocimiento que el alumno tiene del contenido de enseñanza, pero tanto más cierto es que para que sea útil el primero debe estar ligado de un modo más o menos directo con el segundo.

Se trata pues de colocar en su lugar las aportaciones que puede hacer el contenido de enseñanza en el diseño del cuestionario dirigido a precisar el conocimiento del alumno sobre él. ¿En qué y hasta dónde se podría usar el contenido de enseñanza para diseñar el cuestionario? Esa sería la cuestión.

Veamos para qué se puede usar el contenido de enseñanza en el proceso de construcción de un cuestionario. Al menos se puede utilizar satisfactoriamente para resolver dos cuestiones importantes:

2.1 Para crear cierta sistemática en las cuestiones, situaciones y objetos que se van a poner en juego en el cuestionario

Enfrentar al alumno a cuestiones sobre definiciones de los conceptos involucrados en el contenido, está demostrado que ofrecen pocas posibilidades al alumnado para expresar su conocimiento y la información obtenida

suele estar encorsetada, sesgada y distorsionada (Marín, 1994; Benarroch, 1998).

La mejor estrategia es diseñar cuestiones sobre 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 dar oportunidad al alumno a expresar el mucho o poco conocimiento que pueda tener de éste (ver experiencias piagetianas en Marín, 1998).

Por este motivo, un aspecto del diseño del cuestionario en el que puede intervenir eficazmente el buen 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 cuestiones.

Ahora bien, está bien coordinada la comprensión con la extensión de un concepto cuando sabemos con certeza todos los elementos que contiene y los que no le pertenece, sin embargo, esta condición no se puede dar dado que el conocimiento siempre va a suponer una aproximación a la realidad, cada vez más cercana pero con una distancia que no se puede precisar; esto significa que siempre se darán problemas de coordinación entre comprensión y extensión y en lo que se refiere al cuestionario, que podemos crear una buena sistemática de situaciones o de objetos pero nunca con la totalidad de elementos que son el correlato de un concepto.

No obstante, poseer una sistemática de objetos y situaciones es básico para un diseño ordenado y homogéneo del cuestionario. Véase en la página 26 que los dos ejemplos para los contenidos "*operadores mecánicos*" y "*alimentación*" están realizados sistemáticamente.

Para el diseño práctico de un cuestionario, ocurre con frecuencia que es mejor una sistemática construida en el contexto de un conocimiento más cercano al alumno que con otro próximo al conocimiento científico, veamos algunos ejemplos:

- 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.

2.2 Para parcializar el contenido

El primer problema con el que se enfrenta el constructor de un cuestionario es por dónde comenzar éste. El primer paso, como ya se ha dicho, está relacionado con el conocimiento que tenga el constructor del contenido a poner en juego y que deberá reflejar en la sistemática que realice de objetos y situaciones.

El segundo paso, complementario al anterior, es parcializar el contenido, de modo que cada parte se convierte en una unidad de búsqueda de conocimiento. Véase algunos ejemplos para parcializar distintos contenidos:

A. *Distinción entre seres vivo e inertes:*

- ¿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

B. *Huesos o músculos:*

- ¿Qué o quién tiene huesos o músculos?
- ¿Dónde están los huesos o músculos?
- ¿Para qué sirven los huesos o músculos?
- ¿Cómo se comportan los huesos o músculos?

C. *La luz*

- ¿Cómo se percibe y a que se parece la luz?
- ¿Cómo se propaga la luz?. Formación de sombras
- Cómo se comporta la luz al chocar con los objetos?

D. *La electricidad*

- ¿Qué puede hacer la electricidad?
- ¿Cómo se puede hacer electricidad?
- ¿Cómo y por dónde circula la electricidad?
- ¿A qué se parece la electricidad?

E. *Orientación*

- 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

F. *El peso como fuerza*

- 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?

G. *Alimentación:*

- Previsión de los efectos de los alimentos
- Alimentos adecuados para cada actividad
- Grupos de alimentos que son dieta equilibrada

Aunque no existen reglas, 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 (ver "*la luz*").
- 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 procesual, por ejemplo, *proporciones*, se presta tomar como criterio el número de datos iniciales y las distintas **operaciones** que suponen proporción. También se puede considerar como factor interesante, los distintos ámbitos físicos donde se pueden resolver problemas de proporcionalidad.
- Un contenido como "*composición de fuerzas*" se puede parcializar según un **orden de complejidad**: fuerzas alineadas, primero de la misma dirección y después opuestas; fuerzas no alineadas, primero se pone en juego la dirección y después el sentido; finalmente se 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 correspondiente).

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.

3

La estructuración del cuestionario en tareas

Dividido el contenido en partes, se podría decir que el primero es al cuestionario como las segundas son a las tareas, de modo que la suma de éstas da la totalidad del cuestionario.

Así pues, 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 que se ponen en juego en la tarea.

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

4

Orientaciones metodológicas para la construcción del cuestionario

Las orientaciones metodológicas que aquí se exponen son una versión sintética de las que se encuentran en el libro "Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales" (Marín, 1998). Estas orientaciones están fundamentadas en estudios generales sobre el origen, estructura y desarrollo del conocimiento de alumnado; entre sus características, cabrían resaltar las siguientes:

1. El diseño del cuestionario, la clasificación y categorización de datos, así como la interpretación de éstos no debe tener como

único referente el contenido de enseñanza cuyas concepciones son objeto de búsqueda. Las diferencias entre conocimiento del alumnado y el académico hacen de éste último un referente poco adecuado. Un contexto teórico que tenga como objeto de estudio el conocimiento del alumno, como es el caso de la Epistemología Genética, podría complementar el punto de vista del contenido de enseñanza (Marín, Jiménez Gómez, Benarroch, 1996).

Es necesario indicar que a nivel de la propia investigación, la búsqueda de concepciones posee una componente cognoscitiva que queda lejana del ámbito de conocimientos de Ciencias y, en concreto, de los contenidos académicos que son objeto de enseñanza, por lo que el observador formado en contenidos científicos está obligado a un esfuerzo adicional para desplazar su punto de vista a otro más cercano al de la cognición del alumno, si desea evitar en la medida de lo posible sesgos y tergiversaciones.

2. Es necesario plantear la búsqueda de concepciones utilizando una diversidad de situaciones problemáticas, en cada una de las cuales se pone en juego algún aspecto particular del contenido de enseñanza cuyas concepciones se buscan; las respuestas del sujeto fruto de su interacción con cada una de las situaciones permitirán esbozar "imágenes" parciales de un esquema, de tal modo que adiciéndolas permitirá obtener una "imagen más completa del esquema".
3. En cada una de las situaciones planteadas será conveniente variar los distintos factores que intervienen, tanto estructurales (variables) como figurativos (aspecto perceptivo de la situación y de los objetos que la integran); tanto relevantes para el resultado como irrelevantes. Se busca con esto apreciar en las respuestas del alumno tres características: repetibles, generalizables y precisas, así como su grado de estabilidad ante tales variaciones.
4. La delimitación del esquema debe hacerse de modo evolutivo, donde se tenga en cuenta:
 - Las modificaciones de las respuestas de los alumnos ante las estrategias de variabilidad (situacionales, estructurales y figurativas).
 - Las distintas fases o niveles por la que pasa el esquema para responder a la diversidad creada sobre la fenomenología elegida. Será necesario para ello tomar muestras donde la variable "edad" tenga un rango amplio.
5. Las estrategias de diversidad de las situaciones planteadas y variabilidad estructural y figurativa permitirán analizar el grado de validez y fiabilidad, si se complementa el tratamiento de los datos con algunas técnicas estadísticas que permitan:
 - Analizar la coherencia de la categorización de los datos tratándolos como matriz de casos (sujetos entrevistados) y variables (categorías), realizando estudios correlacionales, agrupamientos de casos según similitud en las respuestas, análisis de correspondencias, etc (Marín, 1995).
 - Distinguir las variables más discriminatorias, coherentes y significativas, de las que están construidas con datos sesgados o tergiversados, lo que en definitiva permitirá discriminar respuestas que reflejan algún esquema cognoscitivo de aquellas otras que son simples "respuestas de compromiso", "respuestas in situ", fabulaciones del alumno, sesgadas por el tipo de preguntas del investigador o reflejo de la desmotivación del alumno.
 - Comparar variables construidas desde un determinado aspecto poco conocido de la cognición del alumno con otras que responden a aspectos mejor conocidos como pudieran ser el nivel cognoscitivo, la dependencia-independencia de campo, sus respuestas ante un test de probada fiabilidad, los resultados de otros cuestionarios de probada eficacia, etc (validación externa).

Administración del cuestionario

En investigaciones avanzadas, suele usarse la *entrevista individual* como técnica para obtener las respuestas del alumnado al cuestionario. La dinámica de esta técnica de hacer preguntas sobre las respuestas del alumnado permite obtener una información extensa e intensa sobre su pensamiento.

Para trabajos de clase es suficiente pasar el cuestionario simultáneamente a toda la muestra, en tal caso la técnica se suele denominar *de papel y lápiz*.

Una técnica intermedia entre la entrevista individual y la de papel y lápiz es la del *doble cuestionario* que consiste en pasar el cuestionario una primera con el objetivo de reformularlo en función de los datos obtenidos; el segundo cuestionario que se vuelve a pasar está más acomodado al conocimiento del alumnado. Este procedimiento se puede continuar tanto como se perciba conveniente.

La administración del cuestionario es tan importante como cualquier otra parte del trabajo, de manera que un cuestionario muy trabajado puede dar un resultado vano si ha sido rellenado por los alumnos con desgana.

Por esta razón, es muy importante motivar adecuadamente a los alumnos antes de repartir el cuestionario, lo cual se podrá hacer aleccionando al profesor de la clase para que el mismo introduzca el cuestionario a sus alumnos como parte de las actividades de enseñanza y aprendizaje ("los resultados se usarán después para mejorar vuestra comprensión de las Ciencias", "las respuestas serán consideradas para que aprendáis más fácilmente las Ciencias", "el cuestionario sirve para comprender mejor vuestro punto de vista y las dificultades que tenéis para aprender Ciencias", etc). En cualquier caso, lo que se les diga a los alumnos deberá ser cierto; se trata de hacer con ellos un pacto honrado.

El alumnado que va a rellenar el cuestionario debe sentir este como parte integrante de su enseñanza.

Antes de ir al colegio con el cuestionario, se hablará con el profesor de clase para acordar con él la fecha o fechas más oportunas a fin de entorpecer lo menos posible la marcha del curso. Los comienzos y finales de un periodo lectivo son malas fechas.

Si después de todo esto la muestra o parte de ella ha respondido "con desgana", "rápido para terminar antes", "sin la adecuada concentración", sería conveniente buscar otra muestra y hacer caso omiso de los datos obtenidos.

Para un trabajo de poca envergadura, usando la técnica de papel y lápiz, es suficiente con tomar una muestra de unos 40 sujetos con un nivel escolar acorde con el que se pretende enseñar el contenido de enseñanza.

Para trabajos de investigación usando la entrevista individual como técnica, también es suficiente con 40 sujetos de un amplio rango de edad. La cantidad de información que se toma de cada individuo hace poco aconsejable usar muestras más amplias.

Para trabajos de envergadura intermedia se puede tomar dos muestras de unos 40 alumnos cada una, de forma que disten en edad un mínimo de dos años.

E

Artículos realizados por nuestro grupo de investigación

1

Introducción

Se ha realizado una selección mínima de trabajos publicados por nuestro grupo que permitan dar una visión precisa de los fundamentos y línea crítica que nuestro grupo mantiene frente a las investigaciones sobre concepciones.

Los artículos seleccionados son los siguientes:

MARÍN, N. y JIMÉNEZ GÓMEZ, E. 1992.

Problemas metodológicos en el tratamiento de las concepciones de los alumno en el contexto de la filosofía e historia de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.10, N°3, pp. 335-339.

MARÍN, N. 1994. Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, N°20, pp. 195-208.

MARÍN, N. y BENARROCH, A. 1994. A comparative study of Piagetian and constructivist work on conceptions in science. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol.16, N°1, pp. 1-15.

MARÍN, N., JIMÉNEZ GÓMEZ, E. y SOLANO, I. 1996. *Características metodológicas en la búsqueda de concepciones en Mecánica.* XVII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, La Rábida (Huelva).

JIMÉNEZ GÓMEZ, E., SOLANO, I. y MARÍN, N. 1997. Evolución de la progresión de la delimitación de las "ideas" de alumno sobre fuerza. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.15, N°3, pp. 309-328.

MARÍN, N. en prensa. Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*.

2

MARÍN, N. y JIMÉNEZ GÓMEZ, E. 1992. Problemas metodológicos en el tratamiento de las concepciones de los alumno en el contexto de la filosofía e historia de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.10, N°3, pp. 335-339.

Resumen

Un acercamiento a la delimitación y tratamiento de las concepciones desde una perspectiva dada por la historia y la filosofía

de la Ciencia conlleva una serie de dificultades e inconsistencias que son inherentes a este modo de proceder. Apoyándonos en el convencimiento de que las concepciones están generadas por la propia estructura cognoscitiva del sujeto, este trabajo propone un cambio de perspectiva fundamentada en la Epistemología Genética como marco teórico más adecuado para la búsqueda de concepciones en el alumno. Finalmente, se propone una serie de sugerencias y condicionamientos básicos que creemos pueden mejorar la tarea de definir, interpretar y explicar las concepciones.

2.1 Introducción

En el dominio de la investigación educativa se puede afirmar, a pesar de los distintos enfoques metodológicos, que existe un acuerdo generalizado en hacer más efectivo los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante una acomodación de éstos a las peculiaridades cognoscitivas del que aprende. Incluso se aprecia una notable convergencia en el modo de llevar a cabo dicha acomodación: mediante la utilización como información básica y primordial, aparte de la buena estructuración de los contenidos, las ideas que poseen los alumnos antes del proceso de aprendizaje relativas a lo que va a ser enseñado.

La importancia de las concepciones se ha puesto de relieve en el elevado número de publicaciones realizados en los diferentes dominios de la Ciencia: Física, Química, Geología, Biología..., y dentro de cada disciplina, en la mayoría de sus ramas, como se pone de manifiesto en las revisiones bibliográficas realizadas por Carmichael y otros (1990) y Confrey (1990), entre otras.

La complejidad interna y plural que conlleva la explicación de los tipos de respuestas, que dan los sujetos a determinados sucesos o fenómenos físicos planteados, ha dado origen a una gran diversidad de términos para describirlas (concepciones, errores conceptuales, preconcepciones, conceptos primitivos, etc.). La razón se puede encontrar en las diferentes bases epistemológicas que los investigadores utilizan a la hora de buscar, identificar, describir e interpretar dichas respuestas, obteniéndose a veces contradicciones e inconsistencias en los resultados de investigaciones, incluso, para un mismo contenido físico (Viennot, 1985).

A pesar del elevado número de supuestos teóricos utilizados en el tratamiento de las concepciones de los alumnos en Ciencias, Confrey (1990) ha englobado la mayoría de ellos en dos entramados conceptuales, bien diferentes, que se fundamentan en: a) la filosofía de la ciencia en la tradición del cambio conceptual y, b) los estudios piagetianos en la tradición de la epistemología genética. No obstante, se han realizado otros trabajos desde la fenomenografía (Marton, 1981), cómo un defecto de enseñanza-aprendizaje (Gunstone, 1989), a partir de otras corrientes psicológicas diferentes a la piagetiana (Criscuolo, 1987; Carmichael y otros, 1990, Pozo y otros, 1991), etc.,

En este trabajo vamos a centrar nuestra atención en las investigaciones desarrolladas sobre identificación, descripción y experimentación bajo las consideraciones teóricas de la filosofía de la ciencia en la tradición del cambio conceptual, contexto en el que se han fundamentado un gran número de trabajos de educación en ciencias.

2.2 Problemática en el tratamiento de las concepciones desde la filosofía de la Ciencia

Los trabajos realizados principalmente por Kuhn, Popper, Lakatos y Toulmin sobre filosofía de la ciencia han tenido un gran atractivo entre los educadores en ciencias debido, según Confrey (1990), a que han coincidido varios factores: a) permitía a los investigadores criticar la concepción inductivista, que subyace en la Ciencia, y que había originado la utilización del "método científico" como método didáctico; b) posibilitaba mantener, frente algunas críticas, que los alumnos iniciaban el proceso de instrucción con firmes creencias y preconcepciones acerca de los contenidos que iban a ser enseñados, y c) se abrían nuevas perspectivas sobre los diseños de enseñanza-aprendizaje, pues se considera que los estudiantes podrían alterar sus concepciones o desviaciones conceptuales mediante transformaciones intelectuales similares a aquellas que se acompañan en la transición de un paradigma científico.

Aquí nos vamos a referir sólo a las concepciones de los alumnos previas al proceso de enseñanza-aprendizaje, para ello, las vamos a estudiar desde tres puntos de vista

diferentes: su identificación, descripción e interpretación.

En los trabajos de investigación realizados para **identificar** las concepciones de los alumnos se detectan ciertas regularidades, que se han podido delimitar a partir de la revisión de trabajos de carácter compilatorio, Driver, Guesne, y Tiberghien (1989), Hierrezuelos y Montero (1989) y de otros de índole personal, (Brown, 1989; Gamble, 1989; Watts y Zylbersztajn, 1981; Clement, 1982; Gilbert, Watts y Osborne, 1982; Maloney, 1984; Boyle y Maloney 1990; Terry y Jones, 1986; Viennot, 1979; Brown, 1989; Novick y Nussbaum, 1978; Pfundt, 1981; Brook y col., 1984; Dow y otros, 1978; Osborne y Schollum, 1983; Llorens, 1988). Un tratamiento más explícito de la anterior bibliografía se puede encontrar en el trabajo de Benarroch y Marín (1991).

La mayoría de los trabajos anteriores empiezan por plantear un problema localizado dentro del dominio de la Educación en Ciencias, que generalmente gira alrededor de un contenido académico. A continuación se procede a la captura de datos procedentes del alumno que permita la identificación de las concepciones de éstos, utilizando para ello diferentes técnicas, tales como la entrevista clínica piagetiana sobre sucesos o fenómenos físicos, entrevistas sobre sucesos y ejemplos (Osborne y Freyberg, 1985), comentarios escritos seguidos de una entrevista (Giordan y Vecchi, 1988), entrevistas (Clough y Driver, 1986), pruebas de papel y lápiz, entre otras. A partir de aquí, y utilizando generalmente categorías en base a regularidades encontradas, se hace un estudio de frecuencias de éstas que lleva a la identificación de las concepciones que sobre el contenido elegido posee el alumno.

Por otro lado, la metodología utilizada para identificar las concepciones de los alumnos podría considerarse como empirista, en el sentido que el investigador no suele iniciar su estudio a partir de supuestos hipotéticos u otros supuestos teóricos, lo que de un modo más o menos implícito, y en ausencia de otros esquemas cognoscitivos, le lleva a éste a **identificar** las concepciones a partir de sus propios esquemas de formación científica.

En la **identificación** de las concepciones aparecen ciertas regularidades en su

tratamiento. Sin embargo, cuando se analizan trabajos sobre su descripción se ha encontrado con una gran diversidad de propósitos iniciales, de metodologías, y, sobre todo, de tratamientos en la descripción e interpretación de dichas concepciones. Situación que ha sido apuntada también por otros autores (Gunstone y Watts, 1989; Hewson, 1990).

Lo anterior podría justificarse por que cada investigador utiliza sus propios esquemas cognoscitivos, la mayoría de las veces implícito, lo cual dificulta cualquier sistematización. Así muchos investigadores describen las concepciones por una comparación entre las que poseen los expertos y novatos, lo que suele inducir a hablar de conocimiento erróneo o correcto y a establecer distancias entre la "ciencia" de los alumnos y los que tiene la comunidad científica

Análogos resultados presenta Abimbola (1988) en su estudio crítico que realizó acerca de las raíces epistemológicas que utilizan los investigadores para **identificar y describir** las concepciones del alumno, dentro del entramado conceptual de filosofía de la ciencia en la tradición del cambio conceptual. Abimbola, encontró dos corrientes, la revolucionaria y la evolucionaria, que corresponde con las propuestas realizadas por Kuhn y Toulmin, respectivamente, cuando se refieren al desarrollo del conocimiento científico. Los investigadores en educación que realizan sus trabajos dentro de la primera corriente asumen que las ideas o conocimientos que poseen los alumnos son consistentes y estables, por lo que constituyen una barrera para que se produzca en el sujeto el cambio conceptual (West, 1982, citado por Abimbola), de aquí que utilicen los siguientes términos para describir dichas ideas o conocimientos: ideas erróneas, conceptos erróneos o ideas falsas (misconceptions) y fallos de comprensión (misunderstanding).

Dentro de la segunda corriente, la evolucionaria, las explicaciones de los alumnos constituyen miniteorías o teorías informales similares a los "paradigmas" de Kuhn que evolucionan, durante el aprendizaje, mediante el "anclaje" de nuevos conceptos a los ya existentes en el sujeto (Millar, 1989). Según Abimbola, aparecen dos categorías para

describir el conocimiento de los estudiantes: los que utilizan una connotación neutral y los que sugieren una tolerancia para aquellas concepciones que no son consistentes con los que serán aprendidas. Son ejemplos de términos utilizados en la primera categoría los siguientes: concepciones existentes, esquemas previos y concepciones previas; de la segunda, esquemas conceptuales alternativos, ideas alternativas y concepciones alternativas.

Respecto a la consistencia, firmeza de las concepciones y a la similitud entre el cambio de un paradigma científico a otro y las transformaciones intelectuales que dan lugar a la alteración o cambio conceptual de los alumnos, no parece existir un consenso entre los investigadores, habiendo surgido dudas y críticas, incluso por investigadores como Strike y Posner (1990) que previamente han defendido la metodología del cambio conceptual.

Si la descripción de las concepciones resulta complejo encontrar regularidades en su tratamiento, prueba de ello son los 21 descriptor que utiliza Glad, citado por Millar(1989), para describirlas (errores conceptuales, desviaciones, miniteorías, ciencia de los niños, esquemas alternativos, etc.), más problemas surgen a la hora de interpretarlas. Todo parece indicar, como apunta Hashweh (1988), que al no existir un contexto teórico claro que se deduzca del entramado conceptual de filosofía de la ciencia en la tradición del cambio conceptual, los investigadores no pueden llegar a un consenso en cuanto a la **descripción e interpretación** de las concepciones y, por tanto, a ofrecer explicaciones satisfactorias de aquellos cambios que se puedan sufrir, por influencia externa, ni tampoco al problema de la persistencia después de la aplicación de diferentes tipos de instrucción.

Respecto a los problemas planteados anteriormente, nuestra perspectiva considera que las concepciones se configuran en el plano ontogenético, por lo que habría que analizar, si queremos utilizar los mecanismos evolutivos de la epistemología a la descripción e interpretación de las concepciones, cuáles serían las posibles analogías y diferencias entre

los contenidos cognoscitivos del niño y los académicos.

2.3 Las diferencias entre contenidos del alumno y científicos

En el plano ontogenético, el sujeto presenta en cada fase de su desarrollo evolutivo unas determinadas limitaciones y capacidades que se ponen de manifiesto en sus reacciones frente a problemas planteados, que son muy diferentes a las que se afrontan en un contexto científico (Piaget, 1977a). Además, la transcripción de los datos empíricos, el grado de significatividad de éstos, el modo con que son relacionados y los razonamientos lógicos son procesos que se dan en el alumno de forma bien distinta a como se producen en el científico y, más aún, en la reconstrucción racional de los avances científicos (Piaget, 1948, 1973a).

Por ejemplo, la mayoría de las reacciones del sujeto frente a problemas de la conservación de las distintas variables físicas, cantidad de materia, peso, volumen, longitud, (Piaget, 1948, 1982) son contenidos ontogenético bastante diferente a los que se dan en el seno del cuerpo de conocimientos científicos, y sin embargo, es de una importancia fundamental para entender las concepciones del alumno.

Otras muchas respuestas del alumno poseen una correlación con los contenidos académicos, siendo este grado de correlación un problema de carácter evolutivo, ya que en niveles cognoscitivos superiores, las concepciones se asemejan más a las académicas. Por el contrario, en un contexto preoperatorio poseen un carácter egocéntrico y están poco correlacionadas. Valga como ejemplo la idea preoperatoria de que "no existe ningún tipo de acción sobre un objeto si este no se mueve" (Piaget, 1975), como se puede comprobar no se puede establecer ningún tipo de relación entre dicha idea y algún contenido académico de la ciencia actual.

Esta "mala correspondencia" entre los contenidos académicos y los que son propios del alumno, se traduce en una falta de esquemas de asimilación en la estructura cognoscitiva del sujeto para captar dichos

contenidos, de forma que una búsqueda de concepciones guiada por esquemas basados en los contenidos académicos, tiene garantizada la obtención de datos sesgados.

Al menos, dos son las conclusiones que se pueden extraer de lo expuesto hasta aquí:

a) En una búsqueda de concepciones no sólo habría que considerar las manifestaciones del alumno que presenten una relativa correspondencia con los contenidos científicos o académicos, también habría que tener en cuenta aquellos otros que no poseen esta característica pero que son significativos para el sujeto, en la medida que nos ofrecen una valiosa información sobre las peculiaridades de su pensamiento.

b) La utilización de ideas y procesos del plano filogenético, dentro del contexto teórico de la filosofía de la ciencia, puede ser válido en la búsqueda de concepciones, pero por las razones dadas anteriormente habría que considerarlo como una primera aproximación al problema. No en vano, los productos que van surgiendo de la filogénesis intervienen complejos factores sociales que preceden al acto de creación que, a su vez, sufre un proceso de reconstrucción racional y crítica por parte de la comunidad de científicos (Khun, 1981), lo que podría justificar las diferencias con los mecanismos cognoscitivos que se dan en el plano ontogenético.

2.4 Sugerencias para el tratamiento de concepciones

El sesgo que se comete en la tratamiento de las concepciones de los alumnos, al tener sólo en cuenta la filosofía de la Ciencia, y si se admite que las respuestas de los alumnos son constructos que se generan a partir de su estructura cognoscitiva, sería más apropiado recurrir a entramados conceptuales que se hayan ocupado de dicha estructura, como pudieran ser aquellos que nos ofrecen los trabajos piagetianos que, sin olvidar los aportes de la filosofía de la ciencia, nos podrían ayudar a identificar, describir e interpretar las concepciones de forma más adecuada.

La identificación, descripción e interpretación de las concepciones es un problema complejo puesto que están implicadas connotaciones psicológicas y no se debería reducir a un mero contraste entre el conocimiento del alumno y el que debiera poseer académicamente. Esto obliga al investigador a ser minucioso y exigente en sus investigaciones, lo que supone previamente clarificar:

a) *qué contenidos deben ser objeto de búsqueda en la investigación*, puesto que algunos de ellos, en particular la mayoría de los académicos, no tiene ninguna significación para el sujeto, es por lo que su respuesta revelan más su desconocimiento del tema que lo que realmente sabe. Esto debe obligar al investigador a realizar estudios empíricos previos que pongan de manifiesto dicha significatividad acerca de los contenidos que va a investigar. En una primera aproximación, podríamos decir que un contenido es significativo para un sujeto cuando éste está acomodado a sus esquemas conceptuales y operatorios. No se puede prever la significatividad de un contenido ya que su delimitación siempre estará sujeta a la estructuración lógica propia del investigador, se hace necesario por tanto una primera aproximación a través de las reacciones del alumno ante un abanico de situaciones problemáticas abiertas, así por ejemplo, las situaciones físicas que versan sobre horizontalidad y verticalidad sorprenden por la cantidad de información novedosa y cualitativamente diferente que puede aportarnos el alumno (Vautrey, Alemanni y Martinand, 1987), mientras que un contenido como el de la fuerza como interacción, investigado a través de cuestiones tipo "¿qué fuerzas actúan sobre...?" o "¿qué efecto tendrá la fuerza que...?" respecto a situaciones problemáticas como una persona sobre un carro acerca un imán a otro fijo al carro (C. Terry y G. Jones, 1986) o un astronauta que suelta un objeto en la luna (Watts y Zylbersztajn, 1981), difícilmente posee significatividad como pone de manifiesto el echo de que las respuestas de los alumnos a pesar de estar tipificadas en 4 ó 5 categorías, subyace un criterio dicotómico, acierto-error, ya que parte de la información

son respuestas de compromiso debido a que se ponen en juego unos conceptos que no conoce. Si la información fuera significativa, la complejidad de las ideas del niño, puesta de manifiesto en muchos experimentos piagetianos, no podría ser sometida a un esquema dicotómico.

En consecuencia, el problema no reside en el contenido que queremos investigar, sino en el modo de sacar información al alumno, donde se hace necesario plantear las cuestiones lo suficientemente abiertas que permitan acomodarse a diversos niveles cognoscitivos, lo que nos lleva también a plantearnos la siguiente cuestión:

- b)** *qué factores deberíamos tener en cuenta en las situaciones o fenómenos físicos que se eligen para identificar las concepciones que tienen los alumnos acerca de un determinado contenido.* La respuestas del sujeto son sensibles a determinados factores que se ponen en juego en los problemas planteados que habría que controlar, tales como el contexto, (Osborne y otros, 1990), los aspectos figurativos, (Fernández y Jiménez, 1990), las variables físicas (Marín, 1990), etc., lo que obligaría a presentar una mínima variedad de situaciones físicas que permita entrever qué parte de la respuesta del alumno está mediatizada por estos factores. Así, por ejemplo, en un estudio sobre la tercera ley de Newton, Boley y Maloney (1989), hacen intervenir un buen número de factores sobre la sola interacción existente entre dos bloques enlazados, controlando el aspecto figurativo como el tamaño de los bloques y otros de carácter físico como es el modo de generar las acciones, empujando o tirando, el efectos de estas, movimiento uniforme o acelerado, o cambiando de un plano horizontal a otro inclinado, obteniendo de esta manera una información donde se puede ponderar la influencia de los distintos factores. En realidad el modo de proceder depende en buena medida de:

- c)** *qué se busca bajo el término concepción del alumno.* Puesto que en función de su naturaleza se debe optar por unas técnicas de investigación u otras, es necesario previamente aclarar donde está confinada la concepción, es decir, si cuando hablamos de ellas nos referimos a lo que el sujeto dice y hace o, por el contrario, es un elemento más de la estructura cognoscitiva. Si las categorías con que se clasifica las respuestas de los alumnos, son consideradas concepciones, tendremos que admitir que se están falseando estas, en primer lugar, porque otras concepciones, tan importantes como las que se detectan, no son consideradas y, en segundo lugar, porque se juega, a no ser significativa parte de la información obtenida, con respuestas dadas por compromiso.

Además, puesto que la concepción es configurada por el investigador a partir de las regularidades encontradas en las respuestas de los alumnos, se tendría que distinguir claramente estas "concepciones" externas al sujeto, de aquellas otras pertenecientes a la estructura cognoscitiva del sujeto, por cuya interrelación se generan las respuestas de los alumnos. En otros términos, se hace necesario diferenciar los elementos cognoscitivos pertenecientes a la estructura cognoscitiva del sujeto, tales como las operaciones mentales (Piaget, 1977b), de lo que es un producto de la combinación de dichos elementos, como son las manifestaciones de los alumnos.

- d)** *cómo interpretar la concepción,* puesto que valorarla como una incorrección académica, analizando la "distancia" de ésta con la respuesta correcta, llevaría a preguntarse: ¿hasta que punto es adecuado comparar dos entidades que pertenecen a planos, filogenético y ontogenético, tan distantes?; como producto de la estructura cognoscitiva del sujeto, lo adecuado sería utilizar un contexto teórico más adecuado que el que ofrece la Epistemología de la Ciencia, como sería la Epistemología Genética, teoría construida en base a datos ofrecidos por el mismo alumno. En este sentido, se sabe que la noción de

fuerza se genera en el niño a partir la noción indiferenciada de acción (Piaget,1973b) y evoluciona por diferenciaciones y coordinaciones de caracteres inicialmente indiferenciados (Piaget, 1973a, p70), así pues, en el nivel preoperacional, tanto la **masa** como el **movimiento** poseen **fuerza** y es después de ser diferenciados cuando es posible una síntesis que desemboca en la expresión formal de $f=ma$, por lo tanto, no debemos quedarnos con la ideas de que "el sujeto no detecta la fuerza de reacción" o que "sólo aprecia las fuerzas cuando se ven sus efectos", que al fin y al cabo son manifestaciones sobre lo que desconoce el alumno, y deberíamos tomar más información sobre cómo utiliza el sujeto en sus explicaciones sus concepciones preoperatorias formadas por la interiorización de ciertos esquemas de acción, que en definitiva es algo propio del conocimiento de éste. Es desde esta perspectiva donde se podrían interpretar más adecuadamente los datos obtenidos.

Creemos que una búsqueda de concepciones que tenga presente las anteriores consideraciones, obtendría una información adicional que permitiría diseñar procesos de aprendizaje más acomodados a la realidad cognoscitiva del alumno, y no sería posible justificar búsquedas con esquemas fundados en la estructuración de los contenidos académicos o científicos, argumentando que se obtienen resultados de una directa aplicabilidad didáctica.

Para finalizar, queremos señalar que a pesar de las inconsistencias aquí planteadas, tanto a nivel de terminología, metodología de investigación y forma de interpretación de las concepciones desde el entramado conceptual de la filosofía de la ciencia se ha generado una extensa bibliografía válida que han ayudado, junto a otras investigaciones realizadas bajo otros supuestos teóricos, a **mejorar la comunicación** entre los profesores y alumnos durante el desarrollo del acto didáctico (Driver,1989), han abierto vías en la realización de **nuevos diseños de enseñanza** (Osborne y Freyberg, 1985; Posner y otros,1982; Nussbaum y Novick,1981), entre

otros), han generado una **nueva perspectiva sobre el aprendizaje** (Driver y Oldhan,1985; Glaser,1989; entre otros), han ayudado a **conocer mejor los procesos de aprendizaje**, han servido **de guía para la investigación educativa**, incluso si se trabaja en un contexto externo a los procesos cognitivos y **han ayudado al profesor a interpretar los sucesos que tienen lugar en el aula**, especialmente en la toma de decisiones. No obstante, con este trabajo hemos querido poner de manifiesto la necesidad de generar un contexto teórico mas amplio que el ofrecido por los investigadores que han utilizado el entramado conceptual de la "nueva" filosofía de la ciencia. Somos partidarios, al igual que propone López Rupérez (1990), de la necesidad de realizar nuevos trabajos empíricos, de reflexión teórica y metateórica respecto a el paradigma del Movimiento de las Concepciones Alternativas y al de la Psicología Genética, que den lugar a un nuevo programa de investigación mas fructífero y mejor fundamentado teóricamente.

2.5 Bibliografía

Está contenida en la bibliografía general

3

MARÍN, N. 1994. Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, N°20, pp. 195-208.

Resumen

La teoría de Piaget presenta serias dificultades para asimilar los desfases ocasionados por los datos empíricos que se desvían respecto al comportamiento operatorio del sujeto, sin embargo, trabajos posteriores sobre este desajuste piagetiano, ponen de manifiesto que habría que considerarlo como una regla tan importante como la capacidad operatoria del sujeto. Es posible compatibilizar estos desfases con la presencia de las operaciones mentales en la estructura cognoscitiva, postulando la existencia de nuevos elementos sensibles a las variables físicas de las tareas, con unas

características cognoscitivas que, combinadas con las de las operaciones mentales, permitirían explicar de un modo más parsimonioso los datos.

Agradecimiento: a Alicia Benarroch, Enrique Jiménez y Javier Perales profesores del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Granada y Concha Zorita catedrático del Departamento de Psicología Evolutiva de la Universidad de Granada, por sus apreciables sugerencias.

3.1 Introducción

Si en el seno de la teoría del conocimiento de Piaget diferenciamos, por un lado, las aportaciones empíricas presentes en los numerosos experimentos que soportan la teoría, y por otro, las interpretaciones que hace este autor de los datos experimentales, resulta inevitable que surja cierto malestar cuando se establece su comparación.

Sorprende, en primer lugar, que unos datos obtenidos a través de tantas y tan diferentes tareas, donde se implican una gran diversidad de situaciones físicas, se vayan encasillando armoniosamente en una estructura de niveles cognoscitivos previamente caracterizados, y en segundo lugar, que las reacciones correspondientes a un determinado nivel, permitan siempre una interpretación a través de la capacidad operativa que supuestamente subyace en el conjunto de sujetos pertenecientes a dicho nivel.

Desde una perspectiva optimista, que generalmente surge cuando se realiza una primera aproximación a esta teoría, no queda más que sorprenderse y quedar admirados del proceso de categorización que sufren los datos empíricos, donde una gran cantidad de datos pertenecientes a una gran diversidad de tareas quedan reducidos a tan sólo seis categorías, a saber: dos subniveles para cada uno de los niveles preoperatorio, concreto y formal (Piaget y García, 1973, pp. 10-11)(1).

Las divergencias individuales respecto a este sistema de categorización predominantemente operativo, son admitidas por el autor como un "decalage", en unos casos utilizando como

argumento explicativo "la resistencia del objeto a ser estructurado operatoriamente" (Piaget, 1977b, p. 49) y en otros casos "ninguna forma de pensamiento, se considere al nivel que se considere, es capaz de abarcar simultáneamente, en un todo coherente, la totalidad de lo real ni del universo en discurso" (Piaget, 1978, p. 15), si bien en ningún momento deja claro el porqué las operaciones mentales actúan sobre unas variables y no sobre otras, lo que, parafraseando al propio Piaget, no hace más que desplazar el problema.

Este papel determinante de las operaciones mentales en las reacciones del sujeto ante una tarea, queda bien reflejado en el mecanismo que supone Piaget (1977c, p.17) se da cuando el sujeto construye una explicación causal: ésta se produce cuando aplica y atribuye a las interacciones de los objetos una operatividad que es isomorfa con sus operaciones mentales, en la interpretación que da a los datos en tareas de conservación (Piaget, 1977a, p. 42), en los mecanismos que establece para entender como se llega a dar las relaciones de inclusión (Piaget e Inhelder, 1976, p.310) o cómo el sujeto formal llega a controlar variables "dejando constante el resto" (Inhelder y Piaget, 1972, p. 64, p.242).

Puede dar la impresión, de que éste es un trabajo crítico que desvirtúa la teoría piagetiana, por lo que me apresuro a declarar, antes de que el lector se haga una falsa imagen, que se asumen la mayoría de los planteamientos de su obra, y valga esto como un acatamiento a la genialidad de este autor, puesta tantas veces en entredicho, en muchos casos con argumentos tendenciosos o poco fundamentados (Vuyk, 1985, pp. 413, 426, 530 (se hacen críticas a Piaget injustificadas), pp. 391, 496, 531 (se basan en supuestas afirmaciones no realizadas por Piaget), pp. 421, 448 (da la impresión de no haber sido comprendido), pp. 480, 494 (no parece que hablen de lo mismo), pp. 507, 512 (la crítica fue resuelta por Piaget), pp. 419-20, 425, 428, 515 (información tomada de obras pasadas respecto a las cuales Piaget ha modificado su punto de vista)), a los que habría que responder adecuadamente. Tan solo se intenta, partiendo de los fundamentos teóricos de la Epistemología Genética, realizar algunas

apreciaciones y matizaciones que permitan una explicación más en consonancia con los datos que surgen de las entrevistas clínicas.

3.2 Dependencia de las operaciones mentales del contenido

Existen diferentes modos de expresar operativamente los **desfases piagetianos**, si bien siempre están referidos a los datos que no se ajustan a una explicación donde se supone que las habilidades operacionales del sujeto son las que determinan la respuesta del sujeto. Aunque estos desajustes se pueden apreciar de múltiples maneras, los más estudiados son aquellos en los que los mismos sujetos presentan reacciones operatorias para un contenido y preoperatorias para otro, denominado **desfase horizontal**, y sujetos que poseen diferentes estructuras cognoscitivas, dan en determinadas tareas, respuestas semejantes, o **desfase vertical**.

En general, en el supuesto de que el denominador común a todos los individuos viene expresado por su capacidad operatoria, las reacciones a tareas que encajan dentro de un marco operatorio se pueden considerar normalizadas, mientras que respuestas que diverjan de esta norma deben ser consideradas como **desfases o divergencias individuales**.

Los trabajos que muestran la dependencia de las respuestas del sujeto del contenido de la tarea son numerosos, de forma que existe un amplio consenso sobre esta cuestión, por lo tanto no incidiremos de manera exhaustiva o demostrativa en este particular sino a título de ver los distintos enfoques y tratamiento que se le dan sobre los desfases.

Tras un análisis correlacional, se muestra que la mayoría de items con igual estructura operatoria y distinto contenido tenían una correlación baja pero significativa e items con el mismo contenido y estructura operatoria, presentan correlación alta, lo que se sugiere considerar los desfases más como una regla que como una excepción (Niaz, 1991). La teoría de Piaget no explica la escasa correlación, a un mismo nivel de edad, entre tareas que requieren la misma forma de pensamiento (Case, 1984, p. 340).

Stavy (1990) estudia la conservación del peso en una diversidad de situaciones físicas donde se implican fenómenos de fusión, evaporación, disolución y dilatación, así como en la experiencia piagetiana de la deformación de la plastilina, apreciando que el momento en que se logra la conservación depende del fenómeno puesto en juego (sobre los 12 años se comienza a conservar el peso para la evaporación de la acetona).

Existe una dependencia de las operaciones con el contenido de la tarea a que se aplican (Vuyk, 1985, pp 518-519; Giordan y Vecchi, 1988, p 83; Carretero, 1983, p. 214, entre otros), lo que hace que sujetos que han superado una determinada prueba formal, no sean capaces de abordar otras de la misma índole operatoria pero referidas a contenidos distintos. Este hecho desvirtúa el supuesto piagetiano de que la aplicación sistemática del pensamiento formal elimina la resistencia del objeto alcanzándose un acuerdo permanente entre los instrumentos deductivos y la experiencia (Inhelder y Piaget, 1972, p. 260; Piaget, 1977a, pp. 57,58). Por el contrario, todo apunta a mostrar que las reglas formales de razonamiento no aseguran el descubrimiento de explicaciones adecuadas a los hechos, ni evitan las preconcepciones (Pozo y Carretero, 1987).

Longeot (citado por Vuyk, pp. 449-453) señala que un niño puede entender primero la conservación del número y otro entender primero la de la sustancia lo que sería un ejemplo de desfase que Longeot prefiere denominarlo interestadio, dejando el término intraestadios para desfases como el de la conservación sucesiva de la cantidad de materia, peso y volumen.

Un modo particular de ver e interpretar los desfases se debe a Gillieron (citado por Vuyk, pp 504-506) que, ante los desfases en la seriación de la longitud y del peso, indica que éstos se deben a que en las tareas presentadas al niño están implicadas distintas operaciones en la solución de la misma (en la seriación de varillas se pueden ver todas, mientras que en las del peso hay que sopesar dos a dos); consiguientemente, realizó un experimento donde se presentan de forma análoga las dos tareas, no encontrando desfase. Este autor

sugiere que los desfases son más un problema de relación entre contenido y forma.

Esta visión conciliadora de Gillieron frente a los desfases no es compartida por otros autores, que consideran que al igual que existe una teoría para las regularidades, habría que establecer otra para explicar las divergencias, dada la importancia de éstas (Feldman, 1990), o simplemente sustituir la teoría, dado que los estadios no caracterizan adecuadamente la evolución cognoscitiva, y puesto que se pone de relieve la importancia de los conceptos específicos, una teoría como la de Ausubel explicaría más parsimoniosamente los datos (Novak, 1982, pp 232-236).

La evidencia de la existencia sistemática de desfases se da incluso cuando se producen desajustes ante variaciones de diversos factores que intervienen en la prueba (Vuyk, 1985, pp. 449-453), algo que Piaget ya percibió cuando alargando exageradamente la plastilina en la tarea de conservación, el niño dejaba de ser conservador (Piaget, 1971).

El mismo Piaget señaló el hecho de que las operaciones concretas no son generalizables de inmediato a todos los contenidos, explicando esto por la dificultad de operar sobre características menos disociables de la propia acción, como es el caso del peso, que sobre otras que puedan objetivizarse con mayor rapidez, como la longitud (Inhelder y Piaget, 1972, p. 212), dejando sin explicar el porqué unas características son más fáciles de objetivizar que otras. Señala Pascual-Leone (citado por Carretero, 1983, p. 214) que al no tener unos constructos al efecto, la teoría piagetiana no puede explicar la influencia del contenido sino a posteriori, y consecuentemente no puede dar cuenta de los desfases y divergencias individuales (Pascual-Leone, 1979), sin embargo, estas diferencias son consideradas simplemente como una anomalía en la teoría piagetiana (Pozo y Carretero, 1987).

3.3 La importancia de las variables físicas de la tarea

Es posible comprobar, revisando experimentos realizados por el propio Piaget, la presencia de

desfases, enfrentando pares de tareas que posean formalmente la misma estructura y exigencia operatoria. Las previsiones piagetianas para sujetos con el mismo nivel cognoscitivo y, por tanto, con un sistema de operaciones mentales semejante, es que deben de presentar reacciones análogas. Sin embargo, se puede ver que existen diferencias y éstas dependen de otros factores puestos en juego en las tareas, como son las variables físicas involucradas o la presentación figurativa de datos empíricos.

Presentamos tres grupos de experimentos, que cumplen con los anteriores requisitos, los dos primeros son realizados por el propio Piaget y colaboradores, y el último es una replica llevada a cabo por el que suscribe:

1. Se trata de un experimento donde en una superficie circular horizontal se componen las fuerzas de dos pesos que penden a través de poleas, una goma elástica sirve para ver el efecto de esta composición. Los elementos a contrastar están en las dos cuestiones elegidas de este mismo experimento: a) sin variar el número de pesos se pide la dirección de la resultante para diversas direcciones de las fuerzas, y b) sin variar la dirección se pide la resultante cuando se cambia el número de pesos (Piaget, 1975, pp.91-118). Desde un punto de vista lógico-matemático, la solución general viene dada, tanto en una cuestión como en otra, por la regla del paralelogramo; lo único que cambia es el aspecto figurativo donde en el primer caso los hilos son desplazados de lugar, mientras en el segundo no cambian su posición y sí el número de pesos que penden. Cabría esperar, según las previsiones piagetianas, reacciones semejantes en los sujetos del nivel formal para las dos cuestiones, sin embargo, según los resultados obtenidos, del conjunto de individuos que llegan a este nivel, sólo el 36% llegan a él en ambas cuestiones, el 45% responden correctamente a las cuestiones donde se pone en juego la dirección, y tan solo el 18% dan soluciones satisfactorias a los problemas de intensidad (Piaget, 1975, p. 117).

2. El segundo grupo de experimentos se refiere a procesos de conservación de la longitud (Piaget e Inhelder, 1948), cantidad de materia, peso y volumen (Piaget e Inhelder, 1971). La parte que hemos utilizado de la primera conservación, consiste básicamente en dos caminos trazados con hilos, uno recto y el otro quebrado con punto de partida y llegada enfrentados y se pregunta por dónde se camina más. En cuanto a las conservaciones de la cantidad de materia, peso y volumen, tienen como punto de partida dos bolitas de plastilina idénticas, a una de las cuales le damos distintas formas, pidiendo al niño, para cada transformación, que explique bajo qué forma la cantidad puesta en juego es mayor, menor o igual. Encontramos nuevamente que siendo la exigencia operatoria idéntica (se aplica una transformación figurativa tal que las cantidades puestas en juego no varían) las reacciones son muy variadas. El sujeto comprende, según Piaget, la conservación de la cantidad de plastilina y de la longitud al comienzo de las operaciones concretas, sin embargo hay que esperar al final de las operaciones concretas para que se comprenda la conservación del peso, y sólo en el nivel formal se comprende la conservación del volumen. Para niveles operacionales inferiores al formal se aprecia reacciones preoperacionales en la resolución de la tarea del volumen y sujetos operacionales para la cantidad de plastilina son preoperacionales para el peso.
3. La última comparación que hemos realizado, está relacionada con experimentos dirigidos a analizar el esquema formal del control de variables, utilizando para ello el experimento de los péndulos y el de las varillas flexibles (Inhelder y Piaget, 1972), pero, a diferencia de los demás contrastes, éste se ha llevado a cabo sobre datos obtenidos por el que suscribe mediante una réplica de estos experimentos y los mismos llevados a cabo por Shayer y Adey (1984). En el experimento con péndulos se trata de determinar cómo influyen las variables longitud del hilo, peso que pende e impulso inicial, en el periodo de éste. En el caso de las varillas se trata de analizar la influencia

de una serie de factores (longitud, sección, grosor, material y peso) en la flexibilidad de cada una de éstas, fijando un extremo y colocando pesos en el otro. El que suscribe ha utilizado los datos piagetianos para diseñar una prueba de opciones múltiples con una serie de 6 ítems de opciones múltiples por cada experimento (2 ítems del nivel 2A, 2 del nivel 2B y 2 del nivel formal), previamente validados tras reiteradas administraciones por el que suscribe; desempeñando la función de distractores las respuestas incorrectas que los niños dan en el curso de la entrevista clínica piagetiana. Después de aplicar los ítems sobre una muestra de 482 alumnos (95 de 5° de E.G.B, 132 de 6°, 136 de 7° y 119 de 8°) se ha obtenido la siguiente tabla de frecuencias:

Nº de ítems	Nivel	Tarea	Aciertos %
2	2A	Péndulos	49
2		Varillas	73
2	2B	Péndulos	34
2		Varillas	55
2	3	Péndulos	27
2		Varillas	41

En los tres niveles el porcentaje de aciertos es mayor en el caso de las varillas flexibles que en el de los péndulos.

Un análisis de los factores que se ponen en juego en más de una veintena de experimentos piagetianos (Marín, 1985) puso de manifiesto que, estructuralmente, las tareas piagetianas poseen gran similitud, de modo que siempre están referidas a una situación física, la cual sirve de soporte para plantear distintas cuestiones al entrevistado, y para analizar cómo los distintos esquemas explicativos evolucionan acomodándose a los datos empíricos. Dichas tareas están estructurada del siguiente modo:

- a) Generalmente se trata de una transformación física, tal que partiendo de un estado inicial se llega a otro final, siendo excepciones las tareas para analizar las estructuras lógico-matemáticas del sujeto donde la actividad gira en torno a clasificaciones y seriaciones.

- b) Intervienen un conjunto de variables físicas que son las que provocan o sufren las transformaciones.
- c) Se opera con los distintos factores de dos modos bien diferenciados: modificando la presentación perceptiva o figurativa de los datos empíricos o modificando estructuralmente en orden de mayor complejidad los elementos causantes de la transformación física.

Obsérvese que en los dos primeros grupos de experiencias comentadas, las variaciones de las respuestas de los sujetos son generadas por el aspecto figurativo (impresión perceptiva inicial) de los datos y las variables físicas permanecen constantes. En los dos últimos lo que cambia de una tarea a otra son las variables físicas, mientras que el aspecto figurativo en el caso de la conservación de la cantidad de materia, peso y volumen es el mismo, no así en los péndulos y varillas donde lo figurativo también es distinto.

Piaget (1977a, p. 43, por ejemplo) admite que las operaciones concretas son dependientes del contenido sobre el que actúan, lo que muestra que en este nivel no sólo hay atribución de operaciones al comportamiento de los objetos, sino que influyen otros factores endógenos al sujeto que están relacionados con las distintas variables físicas puestas en juego, como por ejemplo: longitud, cantidad de materia, peso, volumen en el tercer contraste y con el modo de presentar los datos en el segundo contraste. Los contrastes relacionados con las operaciones formales (1º y 4º) son más críticos en la medida que ponen de manifiesto cierto grado de dependencia de las operaciones mentales con las variables físicas puestas en juego. Así en el cuarto contraste, el concepto de periodo opone más resistencia que el de flexibilidad para ser estructurado operatoriamente, y en el primer contraste el concepto de dirección de una fuerza permite ser manipulado operatoriamente con mayor sencillez que el de intensidad. Estos resultados nos hacen pensar que las operaciones formales no son tan independientes del contenido como Piaget pretende (Inhelder y Piaget, 1972, pp. 260-261; Piaget, 1977a, p. 63).

Todo ello pone de manifiesto que la presencia de operaciones mentales en la estructura cognoscitiva no es el único factor que influye en las respuestas ya que también es sensible al aspecto figurativo y las variables físicas de las tareas, puesto que generan diferencias en las reacciones del sujeto, a igualdad de estructuras lógico-matemáticas.

Llegados a este punto, habría que dilucidar sobre la necesidad de considerar otros elementos pertenecientes a la estructura cognoscitiva que explicarían las diferencias encontradas, ya que esto no es posible con la sola presencia de las operaciones. Además, dichos elementos deben ser sensibles a las variables físicas y al aspecto figurativo de la tarea, es decir, al contenido de la tarea.

3.4 Los esquemas cognofísicos

Trabajos en el dominio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales realizados recientemente, han mostrado la importancia de determinadas **ideas espontáneas** que poseen los alumnos para asimilar los nuevos contenidos de la enseñanza (Driver, 1986; Hierrezuelo y Montero, 1989, entre otros).

Generalmente, en el contexto del movimiento de las concepciones alternativas (Gilbert y Swift, 1985), la búsqueda de las concepciones o ideas previas, se ha llevado a cabo frecuentemente sin analizar sus relaciones con el nivel operacional del sujeto, (trabajos sobre concepciones de Watts (1983), Clement (1982), Bar (1989), Brown (1989) entre otros, así lo demuestran). Aquellos trabajos que se han centrado en este particular no presentan concluyente la relación entre capacidad operatoria y concepciones (ver revisión de Perales, 1992). Todo parece depender del contexto teórico de partida del trabajo consultado donde, a veces, el aspecto sincrético que presentan las concepciones, se debe más a problemas metodológicos que a una característica intrínseca de éstas (Pozo y otros, 1992).

Desde una perspectiva piagetiana, (Criscuolo, 1987), se pone de manifiesto una estrecha relación entre el nivel cognoscitivo del sujeto y sus concepciones, lo que podría explicarse

admitiendo que en el constructo de las concepciones también participan las operaciones mentales del sujeto.

Ahora bien, las concepciones o ideas previas poseen algunas características que las hacen atrayentes para ser consideradas las entidades cognoscitivas sensibles al contenido referidas en las conclusiones del § 3 y que son perfectamente diferenciables de las operaciones mentales, en efecto:

- a) La mayoría de sus **características figurativas, unidireccionales, causalmente contiguas, estáticas** (Driver, 1988; Gustone y Watts, 1989) se pueden catalogar de **preoperacionales**, por lo que podrían ser, de principio, el complemento de las operaciones mentales que serían sensibles al contenido
- b) Son **muy persistentes al cambio** promovido por un proceso de enseñanza-aprendizaje o simplemente por las interacciones sujeto-objeto (Clough y Driver, 1986), por lo que no se pueden considerar productos eventuales o "in situ" de la estructura cognoscitiva o susceptibles de variaciones al modificar los factores que intervienen en la tarea; esto hace que las concepciones sean entidades sospechosas de tener que ver bastante con la propia estructura cognoscitiva del sujeto.

Sin embargo, estas ideas no pueden ser identificadas como **constructos** de la estructura cognoscitiva sensibles al contenido ya que son, por la metodología de su detección, productos generados por la estructura cognoscitiva, donde participan distintos elementos, entre ellos las operaciones mentales o elementos figurativos. Poseer para cada contenido físico una o varias concepciones supone ir en contra del principio de economía por la que se rige la actividad mental (Pascual-Leone, 1979) y en contra de los procesos de abstracción que se dan en la estructura cognoscitiva (Piaget e Inhelder, 1976).

Nuestro punto de vista es postular la existencia de nuevos elementos en la estructura cognoscitiva, a los que denominaremos **cognofísicos**, que junto a otros elementos de dicha estructura, como las operaciones

mentales y los instrumentos figurativos de la estructura cognoscitiva, por interconexiones adecuadas entre ellos, permitirían productos como la mayoría de las concepciones espontáneas ligadas al dominio de la Física.

El término **cognofísico** se justifica ya que al igual que las operaciones mentales, éste se utiliza para evocar un determinado elemento perteneciente a la estructura cognoscitiva (**cogno-**) y su génesis estaría ligada a las interacciones físicas del sujeto con su medio físico (**-físico**). Aunque pueda parecer, el cognofísico no tiene porqué estar relacionado con los conocimientos que el sujeto tenga de Física, aunque existe una cierta correspondencia. Dado el origen del constructo, puede utilizarse para asimilar y operar con datos que académicamente se podrían considerar de Química o de Geología, así mismo y como es obvio, los constructos de un sujeto le permitirían dar respuesta a un ámbito concreto de la Física más o menos extenso.

Dichos **cognofísicos** estarían muy ligados a las acciones que el sujeto lleva a cabo con los objetos tales como equilibrar, suspender, sujetar, presionar, tirar, contar, doblar, trocear, sustituir, desplazar, poner encima, subir, equilibrar, etc, y a las propiedades que poseen los objetos ligadas a estas acciones como son la rapidez, consistencia, inercia, pesadez, densidad, blandura, etc.

En el plano físico es sabido que a toda acción le corresponde una reacción igual y de sentido contrario, la misma que el sujeto sufre como entidad física, cuando interacciona con los objetos del medio físico y, al igual que en el plano biológico un músculo se desarrolla de forma que la máxima fuerza que puede aplicar posee una intensidad que está en consonancia con las fuerzas que normalmente ejerce, los **cognofísicos** se van forjando como modelos cognoscitivos de la actuación física de los objetos y del propio sujeto sobre éstos, isomórficos a ésta.

Al comienzo de la ontogénesis de un **cognofísico**, actúa como un esquema asimilador donde su corta ejercitación le lleva a que la acomodación prevalezca sobre la asimilación, lo que hace que exista una relación estrecha entre cognofísicos e

interacciones físicas sujeto-objeto y, puesto que estas interacciones dependen de qué tipo de variables se ponen en juego, podríamos decir que los elementos cognoscitivos que son sensibles a las variables físicas que se ponen en juego en una tarea, son los **cognofísicos**.

Distingue Piaget entre dos modos de abstracción, la que se refiere a las propiedades de las cosas y supone una acción particular relativa a una cualidad del objeto, y la que se refiere a la coordinación de las acciones (Piaget, 1981, pp. 42-43), la primera denominada **abstracción simple** permite el descubrimiento de los hechos y leyes, la segunda es la **abstracción refleja** que generan las operaciones mentales (Piaget y García, 1973, pp. 24-25). La abstracción simple aporta una conceptualización en cierto modo descriptiva de los observables comprobados en los caracteres materiales de la acción, y la reflexiva obtiene de las coordinaciones de la acción la capacidad de interpretar deductivamente los hechos, de ahí la formación de las explicaciones causales por atribución de las operaciones a los mismos objetos (Piaget, 1976, p. 273).

Por abstracción simple, las acciones antes señaladas, generan los **cognofísicos**; después, los procesos de abstracción refleja actúan sobre las acciones interiorizadas, obteniéndose como consecuencia un producto cognoscitivo más depurado, general y lejano de la experiencia como son las operaciones mentales (Piaget, 1977a). De ahí que, a diferencia de las operaciones, los **cognofísicos** sean muy dependientes del contenido y cuando actúan sin la ayuda de éstas para formar productos de la estructura cognoscitiva se rigen por reglas intuitivas y pragmáticas semejantes a las observadas en las concepciones previas (Pozo y otros, 1991).

Por otra parte, hemos indicado que normalmente el sujeto presenta concepciones (2) que poseen características preoperatorias, por tanto, no hay vestigio de que haya aplicado operaciones mentales, en cuyo caso la dependencia de la concepción del **cognofísico** es casi total, por lo que se podría establecer, bajo esta forma preoperatoria, una correspondencia entre **cognofísico** y

concepción, con la salvedad de que mientras el primero es un constructo perteneciente al plano inobservable de la estructura cognoscitiva, la segunda es un producto de dicha estructura perteneciente al plano observable de las reacciones del sujeto, y por tanto, un mismo **cognofísico** podría explicar la existencia de varias concepciones.

En una primera aproximación, hemos observado conductas que reflejan la posible existencia de algunos **cognofísicos en la vida cotidiana**, las cuales, creemos, tienen poco que ver con la capacidad operatoria del sujeto:

- a) el **cognofísico relacionado con el movimiento** permite prever trayectorias utilizando como indicador la velocidad del móvil. Se encuentra bastante desarrollado y generalizado debido a las constantes previsiones que debe realizar el sujeto para salvar obstáculos de tráfico ("a la velocidad que va ese coche, me da tiempo a cruzar", "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"). Los niños y los animales que no lo poseen, presentan grandes dificultades para cruzar una calle. El poseer este **cognofísico** nos hace hábiles en juegos como el ping-pong, tenis, baloncesto, fútbol, billar, etc, ya que nos permite prever la posición del móvil y estar allí antes de que llegue. Ahora bien, el impulso y la dirección que hay que dar al móvil para encestar, para que la bola llegue a una parte determinada de la mesa, o del campo, o para hacer una carambola, es muy posible que exija de otros **cognofísicos** diferentes.
- b) El **cognofísico relacionado con la inercia**, puede estar generado por el efecto que posee un impulso, por el efecto que provoca una masa cuando se le quiere retener o cuando se quiere impulsar. Permite la previsión del momento en que se parará una bola cuando es impulsada en función de su velocidad, masa, rugosidad del terreno, etc. Es debido a interacciones con objetos que, estando estáticos, son movidos o lanzados, y con menos frecuencia, desacelerados, en otras muchas

ocasiones sentimos el efecto de estar en sistemas no inerciales, algunos tan cotidianos como el coche. Está muy desarrollado en conductores habilidosos que prevén los derrapes en función de diversos parámetros. No está tan desarrollado como el **cognofísico** cinético ya que las experiencias con sistemas no inerciales es menos frecuente, prueba de ello, es la sorpresa cognoscitiva (distinta de la sorpresa sensomotriz) con que es acogida la fuerza inercial que puede generar una atracción de feria.

- c) Los **cognofísicos relacionados con el campo gravitatorio** están generados por una interacción omnipresente ya que siempre estamos inmersos en un campo gravitatorio, al desplazarnos, al coger los objetos, al cambiar de posición, etc, por lo que es lógico que genere un **cognofísico** más desarrollado que otros. Los objetos poseen una posición privilegiada para cogerlos (generalmente según el centro de masas), de manera que si los cogemos de otro modo, nos resulta más difícil o se nos cae, al apoyarse sobre un soporte, no permiten cualquier posición para mantener su funcionalidad o su equilibrio, lo que requiere destrezas por parte del sujeto que los apoya, de forma continuada. La misma acción de andar requiere una equilibración dinámica del centro de masas corporal respecto al plano de sustentación que no es muy extenso, los pies. Es posible que con la evolución de este esquema cognoscitivo, se vayan diferenciando otros **cognofísicos** relacionados con la pesadez, con el sentido arriba-abajo y verticalidad, compensación de masas respecto a un centro, equilibrio, etc.

En estas observaciones de **cognofísicos** se pone de manifiesto una importante cualidad de estos: confieren al sujeto que los posee una buena **capacidad de generar imágenes anticipatorias** en situaciones donde se involucran transformaciones físicas, esta característica habría que verla como un intento de ampliar el supuesto piagetiano de que las imágenes anticipatorias y las previsiones se realizan gracias a las operaciones mentales (por ejemplo, Piaget, 1980, p.46; Piaget e Inhelder, 1984, p. 84; Piaget, 1984, p. 35). Así

pues, se postula que al igual que las operaciones mentales, los **cognofísicos** poseen capacidad transformadora, permitiendo crear imágenes anticipatorias y otros tipo de previsiones. Trabajos donde se aprecian anticipaciones en el nivel preoperacional confirman de algún modo este postulado (Vuyk, 1985, p. 415-416).

Hemos indicado que el **cognofísico** se genera por la interacción física del sujeto con su medio, es por ello que su **génesis es esencialmente individual**. Si vemos que, al igual que las operaciones, son muy semejantes entre individuos, es debido a que las interacciones son análogas, por ejemplo, el **cognofísico** relacionado con el movimiento está tremendamente generalizado, pero esto no se debe a que tenga carácter social, lo que sí tiene carácter social es el gran número de coches existentes que hacen que esta interacción se de muy frecuentemente. No obstante, pueden existir regulaciones y ajustes de un **cognofísico** por la interacción social.

Los **cognofísicos** evolucionan como esquemas cognoscitivos que son, gracias a la continua **repetición** de éstos en distintas situaciones físicas, a través de la continuada ejercitación, los esquemas sufren un proceso de **generalización** a un dominio físico mayor, por lo que su capacidad de asimilación de nuevas aportaciones empíricas aumenta, y poco a poco, las características particulares de los objetos exige de los esquemas un esfuerzo por acomodarse a éstos, con lo que se adquiere la capacidad de **diferenciar** la acción a llevar a cabo según el objeto que se tenga delante. Trabajos que se están llevando a cabo actualmente sobre **cognofísicos** por el que suscribe sugieren que habría que añadir, a estos tres procesos anteriores que permiten ir enriqueciendo los esquemas, un cuarto de **precisión** que ocurre, por ejemplo, cuando el sujeto pone en juego o considera porciones de peso cada vez más pequeñas para realizar previsiones más precisas de la posición de un objeto que se cuelga, si bien, este último proceso se podría considerar un caso particular de diferenciación.

En la evolución del **cognofísico** interviene de un modo decisivo la toma de conciencia por parte del sujeto de sus esquemas de acción

interiorizados, esto le permite ir conceptualizando, mediante un proceso de reconstrucción cognoscitiva dichos esquemas de acción (Piaget, 1976, p. 260), lo que explicaría el hecho de que la capacidad del sujeto para anticiparse a su medio en el plano de la acción es mayor que en el de su expresión por significantes, si bien esta diferencia es tanto menor en la medida en que su ontogénesis se acerca al nivel formal.

En un momento dado de su evolución, el **cognofísico** comienza a admitir que las operaciones mentales actúen sobre él, como si fueran operadores, de modo que para generar una salida a partir de unos datos empíricos, la actuación del cognofísico se vería matizada o revisada por una evaluación más objetiva realizada por las operaciones mentales. En este momento diremos que el cognofísico admite ser estructurado operatoriamente y la consecuencia externa sería que la variable o variables físicas relacionadas con este cognofísico permitirían ser estructuradas operatoriamente. Es plausible también la hipótesis que considera que en el nivel de operaciones concretas los esquemas cognofísicos se van haciendo progresivamente reversibles, sin la necesidad de postular la existencia de operaciones mentales hasta el nivel formal, pero el atrevimiento de esta hipótesis hace que, por el momento, el autor trabaje sobre la base del primer planteamiento.

Para finalizar esta primera aproximación a la entidad que denominamos **cognofísico**, señalaremos que la respuesta de un individuo a una determinada tarea se debe a la **combinación de tres tipos de elementos pertenecientes a la estructura cognoscitiva**, dos de carácter dinámico con capacidad transformadora: **operaciones y cognofísicos** y uno de carácter estático, entre los que cabe destacar **los significantes**, además de los datos empíricos percibidos de la tarea.

Los datos percibidos de la tarea actúan como activadores de esquemas. Tomando como punto de partida el indicio perceptivo, el sujeto, utilizando sus cognofísicos, sus operaciones mentales y elementos de tipo estático como puede ser la imagen mental, configura un modelo mecánico, una previsión,

una relación causal... que le permitirá realizar una acción específica, una explicación, una anticipación...

3.5 Explicación de los desfases

No hay que olvidar que nos estamos moviendo continuamente en un plano hipotético que se hace necesario confirmar a través de la experimentación, por lo que en la actualidad se está llevando a cabo esta fase de verificación. Pero mientras tanto, dichas hipótesis parecen ser bastante plausibles en la medida que explican de un modo bastante parsimonioso los desfases, sin dejar el sistema de referencia tan valioso que nos ofrece la teoría piagetiana.

El mecanismo que explicaría los desfases en la aplicación de las operaciones mentales a distintos dominios físicos sería el siguiente: existen cognofísicos (relacionados con variables físicas como la cantidad de materia y longitud) que admiten precozmente la reversibilidad operatoria, una vez estructurados. Las operaciones y los cognofísicos filtrados operatoriamente constituyen un **retículo o estrato cognoscitivo** que sirve de puente asimilador para que otros cognofísicos más complejos (por ejemplo, el peso) puedan ser estructurados operatoriamente, y así sucesivamente. La evolución cognoscitiva habría que verla, por tanto, como una sucesión de estadios piagetianos y dentro de estos, como una sucesión de estratos.

Mientras no exista un determinado **estrato cognoscitivo**, las operaciones mentales no pueden relacionarse con determinados cognofísicos que permanecerán irreversibles e intuitivos, hasta que un nuevo **estrato** configure unas condiciones favorables para que se de el proceso de asimilación de determinados cognofísicos a los esquemas operatorios, formándose consecuentemente un nuevo **estrato**.

Una variable física perteneciente al grupo de éstas que están asociadas a un cognofísico, no puede ser estructurada operatoriamente hasta que el cognofísico pueda ser asimilado por un estrato cognoscitivo adecuado; aunque el sujeto sea ya operacional para un determinado

dominio físico, seguiría siendo preoperacional para esa variable.

Según esto, la visión de la evolución cognoscitiva por estadios tendría que sufrir sensibles modificaciones: después de la fase preoperacional, el nivel de operaciones concretas habría que verlo como una sucesión de **estratos cognoscitivos**, de forma que un **estrato** cualquiera se corresponde con un subdominio físico caracterizado por una o varias variables físicas ante el cual el sujeto que pertenezca a este **estrato** es operacional, si bien era preoperacional cuando estaba en el **estrato** inmediato inferior. De este modo, el dominio físico que posee el sujeto estructurado operatoriamente va en aumento conforme va alcanzado nuevos **estratos**. Esta dinámica no cambia cuando se llega al nivel de operaciones formales, el sujeto continúa poseyendo un dominio físico para el cual es preoperacional y otro, cada vez mayor, para el cual es operatorio. Lo que realmente es novedoso, en este nivel, es la capacidad de realizar operaciones hipotético-deductivas que permite procesar los datos empíricos de un modo superior a como se hace en el nivel anterior.

Se hace necesario finalizar señalando que, tanto los **cognofísicos** como los mecanismos cognoscitivos propuestos alrededor de éstos, nacen para dar solución al problema de los desfases y se refieren a la adquisición y evolución del **pensamiento espontáneo o natural, referente al dominio de los fenómenos físicos**, lo cual supone una restricción, en tanto que la realidad es más amplia que la que puedan sugerir dichos fenómenos. Esto quiere decir, que está por analizar la extrapolación de este mecanismo a otros dominios y queda por tratar las adquisiciones cognoscitivas debidas a procesos de enseñanza-aprendizaje, aspecto último que se abordará en un futuro pero que obviamente es obligado en una primera aproximación, conocer y precisar los aspectos relacionados con la formación del pensamiento natural.

Con la propuesta de este nuevo esquema cognoscitivo, se pretende comprender las reacciones del sujeto a un determinado tipo de tareas, por lo que no habría que verlo como un esquema que interviene en todas las capacidades cognoscitivas del sujeto. Su

extensión en la capacidad asimiladora de la estructura cognoscitiva es algo que habría que precisar con determinados estudios empíricos.

3.6 Bibliografía

Está contenida en al bibliografía general

4

MARÍN, N. y BENARROCH, A. 1994. A comparative study of Piagetian and constructivist work on conceptions in science. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol.16, N°1, pp. 1-15.

4.1 Introducción

Desde que Gilbert y Swift (1985) formularon las características de un nuevo programa de investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, denominado Movimiento de las Concepciones Alternativas (MCA), parecen haber acertado en que el paradigma de la Escuela Piagetiana suponía un programa regresivo, dada la escasa atención, cada vez menor, que se ofrece a las adquisiciones de Piaget. En efecto, paralelamente a la emergencia del constructivismo como línea de investigación paradigmática en el dominio de la Enseñanza de las Ciencias (Linn, 1987; Novak, 1988; Aliberas y otros, 1989), se ha creado por parte de un número importante de investigadores un rechazo tajante de los planteamientos piagetianos, donde incluso una asimilación parcial de su trabajo parece ser imposible (Perales, 1990) o no conveniente (Millar, 1989).

Nosotros, sin embargo, pensamos que una tarea que se preste de ser científica o que tenga intención de llegar a adquirir este calificativo, debería analizar seriamente cuáles son los éxitos previos del programa antiguo que, no habiendo sido refutados, deberían por tanto ser explicados por el nuevo (Lakatos, 1983). Únicamente después de este proceso cabría tomar una resolución de rechazo tajante, si fuera consecuente, o bien continuar con el pluralismo paradigmático, sin rechazar la postura que nos parece más racional de insertar

dentro de nuevos términos la manera de refundir los alcances de ambos.

En este sentido, es curioso observar que trabajos que describen concepciones sobre tópicos similares a los tratados por Piaget, no consideran sus resultados, cuando aparecen referencias a un buen número de trabajos de otros autores.

Nuestra intención, en este artículo, es la de analizar si hubiera sido procedente por parte del movimiento de las concepciones alternativas haber considerado y, en su caso, asimilado determinadas partes de la obra piagetiana, o si, por el contrario, la incursión de dichas aportaciones en los trabajos que definen al M.C.A, no hubiera sido significativa, extremo que explicaría la escasa consideración que se le ha otorgado.

También es de nuestro interés, en caso de concluir que hubiera sido positivo la inclusión de las aportaciones de este autor, discurrir sobre las razones que han podido llevar a su desconsideración.

4.2 Limitaciones de las críticas piagetianas

Desde 1923 que publicó su primer trabajo en Psicología, hasta mediados de la década de los 70, Piaget produjo una amplia obra, dedicada tanto al desarrollo de su teoría del conocimiento como a la obtención de datos empíricos a través de entrevistas individuales con niños y adolescentes, y parte de la misma con la colaboración del equipo de investigadores del Centro de Epistemología Genética (Bringuier, 1977)

Respecto a su teoría, es frecuente tacharla de ser limitada para poder ser aplicada en situaciones concretas de enseñanza-aprendizaje (Giordan y De Vecchi, 1987; Seré, 1990) ya que tiene como objeto de estudio al "sujeto epistémico" con el fin de sacar a la luz las leyes más universales relativas al desarrollo intelectual, lo que permite prever exclusivamente los mecanismos generales que rigen la apropiación de los conocimientos. Al poner énfasis en estos mecanismos fundamentales del conocimiento, se le achaca no contemplar suficientemente los procesos

específicos y las condiciones de apropiación para cada campo concreto del saber (Giordan y De Vecchi, 1987).

Asimismo, los estadios del desarrollo cognoscitivo han sido motivo de diversas críticas. Por ejemplo, se ha señalado que sólo tienen una validez descriptiva, aunque no sean la caracterización funcional más útil de los procesos de aprendizaje cognitivo (Novak, 1982), o que, con ellos, Piaget "enfatisa los estados de equilibrio finales, en detrimento de los aspectos dinámicos, que son los únicos que pueden explicar las progresiones en la comprensión de un sujeto" (Giordan y De Vecchi, 1987). Sin embargo, las críticas más frecuentes son las que llegan a rechazar las etapas mentales piagetianas por los "decalages" o desfases tanto verticales como horizontales (Driver, 1978 y 1990; Pozo y Carretero, 1987). La no universalidad de las estructuras formales y más aún la comprobación de que en la resolución de tareas no influye sólo la estructura lógica del problema sino también el contenido a que se refiere dicho problema, ha puesto en duda la coherencia, e incluso existencia, de dichas etapas.

Desde otra perspectiva, Gilbert y Swift (1985) también se apuntaron a este movimiento crítico. Al aplicar los criterios lakatosianos sobre la "Escuela de Piaget", considerada como programa de investigación en competencia con el que ellos bautizan como "movimiento de las concepciones alternativas", concluyen que el primero es un paradigma regresivo frente al segundo que, aun siendo joven, tiene visos de progresividad. Los argumentos que exponen no se fundamentan en las críticas anteriores sobre la secuenciación e identidad de las etapas y transiciones entre ellas, aunque éstas sean recogidas, sino en el hecho de que "los trabajos dentro del programa, y especialmente las tecnologías piagetianas, no demuestran progresos teóricos, no predicen hechos nuevos, no dan lugar, en fin, a un cambio progresivo de problemática". Por el contrario, "han ido introduciendo explicaciones posteriores que no han favorecido el crecimiento teórico".

Hemos sintetizado las críticas más frecuentes a la Escuela Piagetiana, no porque nuestra intención sea polemizar sobre la validez de las mismas, extremo que ya ha sido realizado por otros autores (Adey, 1987; López Rupérez, 1990, Herron, 1978), sino por hacer unas consideraciones que nos parecen importantes: siendo numerosas, estas críticas se concentran sobre determinadas partes del entramado teórico, y ninguna pone en entredicho, al menos, dos tipos de aportaciones. En primer lugar, aquéllas referentes a su metodología, como es la reiterada exaltación de la utilidad de la entrevista clínica en la búsqueda de concepciones espontáneas, incluso por algunos de los protagonistas principales de sus críticas teóricas (Novak y Gowin, 1988). En segundo lugar, las aportaciones piagetianas realizadas a nivel empírico, es decir, aquéllas derivadas de sus experimentos con niños sobre un gran número de situaciones físicas.

En efecto, existe una ingente cantidad de datos empíricos que ponen de manifiesto una diversidad de reacciones de los sujetos ante situaciones problemáticas de Ciencia. Aunque la actitud final de Piaget fuese subordinar dichas reacciones a la etapa correspondiente de desarrollo intelectual, este marco teórico no es obstáculo para reconocer la importancia del contenido físico en las respuestas de los alumnos (sirva como ejemplo la conocida adquisición sucesiva de las nociones de conservación de la sustancia, peso y volumen). Siempre podríamos hacer una lectura de esta jerarquización como una descripción evolutiva de las nociones de los sujetos cosa que, en el caso del movimiento de las concepciones alternativas, también se hace frecuentemente (Nussbaum y Novak, 1976).

Es en este nivel menos criticado en el que nos situamos para realizar este trabajo.

Hemos de puntualizar que referente al contenido físico de las investigaciones, Piaget estaba interesado por contenidos que, aparentemente, no son académicos, esto es, que, por ser básicos, suelen ser considerados como destrezas inherentes a toda la actividad en la ciencia escolar. Si este enfoque ha sido duramente criticado por la falta de aplicabilidad a la enseñanza de las Ciencias (Millar y Driver, 1987), también es cierto el

peligro que conlleva lo contrario pues, usando términos constructivistas, "en el enfoque temático se concibe la tarea como un extracto de las ideas más importantes de los libros de texto de ciencias que representan el estado maduro de la disciplina. El peligro de este enfoque reside en que centra la atención en aspectos avanzados del concepto, mientras se dejan de lado o se dan por sabidas la identificación y la caracterización de su misma esencia. Y así, esta esencia puede resultar inadecuadamente tratada en la enseñanza" (Nussbaum, 1989). Ciertamente, estas "esencias" no se identifican exclusivamente con ningún contenido académico pero podrían ser la base sobre la que se construyen las concepciones inducidas o analógicas (Pozo, 1991) más relacionadas directamente con los contenidos propiamente académicos.

4.3 Consideraciones metodológicas

Aunque hay quienes dicen que la principal diferencia entre el trabajo de la Escuela Piagetiana y del Movimiento de las Concepciones Alternativas estriba en el abandono de las etapas por parte de este último (Gilbert y Swift, 1985), nosotros, como hemos pretendido mostrar en el apartado anterior, creemos que las diferencias son mayores por cuanto que afectan también a la metodología y contenidos investigados. A pesar del gran pluralismo metodológico existente dentro del mismo constructivismo, y aceptando por tanto que la amplitud de estas diferencias con la Escuela Piagetiana estará en función de investigaciones puntuales, si pretendemos globalizar, no nos queda otra opción que reconocerlas y tenerlas en cuenta. De ahí que tengamos que situarnos en los términos de uno de los dos programas a la hora de hacer comparaciones, aunque éstas sean de carácter empírico. De lo contrario, estaríamos también haciéndolo aunque implícitamente.

Ahora bien, si aceptáramos los términos de la Escuela Piagetiana para nuestro propósito, y pretendiéramos analizar por ejemplo el grado de asimilación de los trabajos empíricos piagetianos referidos a conservación de cantidades continuas por parte de los trabajos constructivistas, siempre se podría replicar que estas "destrezas" no son objetivos de este

último programa, sino que, está interesado por contenidos específicos y académicos. Evitando estos problemas, utilizaremos los términos del Movimiento de las Concepciones Alternativas y, para que se vea más claro, veremos en qué grado se han tenido en cuenta los trabajos empíricos piagetianos en dos tópicos típicamente constructivistas como son "la noción de fuerza" y "la naturaleza corpuscular de la materia". Nótese que si bien el primero ha sido de interés para los propósitos piagetianos, no así el segundo que solo fue considerado en su versión más simple de atomismo.

Por tanto, analizar el grado en que los trabajos empíricos piagetianos han sido asimilados por el movimiento de las concepciones alternativas, aceptando de entrada las críticas a su teoría de etapas, exige situarnos en el paradigma de este último programa y desde él, de forma pragmática ir señalando los aspectos que han podido ser obviados del primero.

El restringir el análisis comparativo a un plano empírico y dado que las aportaciones piagetianas son más de carácter teórico, estamos obligados a realizar un proceso de **diferenciación** y posteriormente otro de **elección** de esta obra a fin de realizar una comparación adecuada. Según Shayer y Adey (1984) y nuestra apreciación, en el trabajo de Piaget se pueden distinguir tres planos: a) comentarios de las reacciones de la muestra a las situaciones problemáticas planteadas en la entrevista clínica, b) interpretación de los datos descritos en a) utilizando su teoría del conocimiento y c) los argumentos teóricos entresacados de las interpretaciones. Por las razones dadas en los párrafos anteriores, para llevar a cabo nuestro estudio comparativo, **extraeremos argumentos sólo al plano de las reacciones típicas de los sujetos**, es decir, nos situaríamos en el plano más empírico de la teoría de Piaget.

Así mismo, en lo referente a los trabajos constructivistas, es frecuente, una vez delimitadas y descritas las concepciones, utilizar esta información para realizar una serie de **implicaciones didácticas**, las cuales, en este trabajo, no van a ser tenidas en cuenta. Se a procurado realizar una selección de trabajos

constructivista, tomando como criterio, aquéllos que con mayor frecuencia son citados desde 1980 y que, lógicamente, versan sobre dichos tópicos elegidos.

El esquema de trabajo lo presentamos mediante el siguiente organigrama:

4.4 Breve reseña sobre la metodología piagetiana y constructivista

Hemos de tener en cuenta que la búsqueda piagetiana de reacciones de los niños a problemas planteados, no era realizado con el mismo objetivo que el utilizado por el movimiento de las concepciones alternativas, así mismo el tratamiento de los datos en realmente diferente en ambos, por todo ello, y teniendo en cuenta que de algún modo algunos datos se tendrán que sacar de su contexto, a fin de que se pueda evaluar en su justa medida las aportaciones sobre concepciones de ambas tendencias, hemos querido realizar, sin pretensiones de revisión exhaustiva, **una breve exposición de metodologías** utilizadas en la consecución de datos empíricos del alumno, con el convencimiento de que estamos haciendo una primera aproximación, ya que un trabajo más profundo exigiría una revisión bibliográfica más extensa.

4.1. Metodología piagetiana

Los experimentos piagetianos presentan una gran regularidad en el planteamiento y desarrollo de éste para la **obtención de datos** que pasamos a describir brevemente: cada experimento viene precedido por una declaración de intenciones donde se explica cuál es el objetivo que persigue, el porqué se utiliza una determinada estrategia experimental o como está relacionado con otros experimentos, se sigue con una descripción del material utilizado, el modo de proceder en su manipulación y de las cuestiones que inicialmente se plantean al sujeto, que es seguida, generalmente, por una conversación entre entrevistador y sujeto, donde subyace casi siempre la misma dinámica: primero se plantea verbalmente que se pretende hacer y se solicita previsiones, después de ejecutar el experimento, se le pide nuevas explicaciones, y dependiendo de las

respuestas, esta dinámica se puede reiterar, si bien, bajo diferentes perspectivas o bajo otro tipo de manipulación del material que ponga en juego determinadas variables, procurando en todo momento que el entrevistado pueda expresarse con libertad sin que exista ningún tipo de inducción sobre el entrevistado.

En una primera revisión, se aprecia que sistemáticamente se **ordenan los datos** obtenidos según sea el tipo de pregunta en:

a) **Reacciones preoperatorias**, caracterizadas por una ausencia de reversibilidad operatoria y por tanto, por un predominio de lo figurativo sobre otras variables más estructurales.

b) **Reacciones operatorias**, cuando las variables que se ponen en juego son estructuradas operatoriamente y por tanto existe una capacidad transformadora que permite una lectura que va más allá de los datos perceptivos. De modo que cada nivel cognoscitivo le sirve de contexto para valorar las reacciones del sujeto, si se admite la analogía, de forma semejante a como el historiador analiza el desarrollo de las ideas científicas, dentro del contexto histórico y paradigmático de la época.

Por lo general, los niveles encontrados para los distintos experimentos, coinciden con los niveles operatorios (Piaget, 1973a, pp.10-1), si bien, hemos podido constatar que este punto de vista supone forzar los datos excesivamente (Marín, 1989).

4.2. Metodología constructivista

Hay que indicar, en primer lugar, la gran diversidad encontrada de propósitos iniciales, de metodologías, de tratamientos de datos y sobre todo de descripción e interpretación de estos, que denota a su vez que cada investigador utiliza sus propios esquemas cognoscitivos, sin una referencia teórica común.

El número de trabajos sobre la noción de fuerza es numeroso, en un índice compilatorio de obras constructivistas (Carmichael, 1990) se presentan más de 50.

Es difícil trazar unas características metodológicas para el constructivismo ya que "sólo en ocasiones los diversos autores arrancan de los mismos puntos de salida o de

los mismos supuestos subyacentes..., ...hay considerables diferencias entre los diversos trabajos realizados, diversidad de opiniones en psicología, filosofía y metodología" (Gunstone y Watts, 1989), en este sentido se manifiesta Hewson (1990) que critica este modo de proceder dispersivo y sugiere un mínimo de consideraciones metodológicas a tener en cuenta en este tipo de trabajos.

Las técnicas para la **recogida de datos** es muy variada y va desde las entrevistas clínicas hasta las pruebas de lápiz y papel, pasando por la técnica de tarjetas, pruebas de opciones múltiples, etc,

Parece haber un tendencia convergente en la **ordenación de datos**, a través de tablas de frecuencia o simplemente porcentajes, utilizando los resultados de los distintos problemas planteados (Brown,1990; Clement,1982; Watts y Zylbersztajn, 1981) y en menor medida, mediante categorías previamente establecidas sobre tipos de respuestas (Boyle y Maloney,1990; Nussbaum,198).

En cuanto a las aportaciones empíricas, debido a la gran disparidad de datos, hemos optado por considerar las aportaciones empíricas más importantes para continuar realizando un tratamiento más diferenciado y particular de cada autor.

4.5 Resultados empíricos sobre la noción de fuerza

4.5.1 Aportaciones piagetianas

La concepción de fuerza en **situaciones dinámicas**, se pueden entrever en bastantes tareas, de las cuales nos centramos en dos (Piaget, 1973b), uno consistente en cajas que recorren diferentes trayectos con contrapesos (pp.9-54) y otro donde una, dos o varias bolas golpean a un grupo determinado de bolas que están suspendidas en línea (pp.55-94).

En el **nivel IA**, la acción se asimila con el **esfuerzo a realizar** que le lleva a previsiones incoherentes sujetas a las circunstancias figurativas del momento en que se ejerce. La bola posee poderes o cualidades inherentes. Ya en el **nivel IB** la acción adquiere un significado más objetivo, entreviendo que el

esfuerzo es el mismo cuando desplazamos más peso un espacio menor que cuando desplazamos menos peso en un trayecto más largo.

En el **nivel II**, si las acciones se hacen en tiempos iguales, compensa el esfuerzo con el camino recorrido, si es a espacios iguales, el esfuerzo es compensado con el tiempo de actuación, así un fuerte empuje dado en un instante es equivalente a otro menor dado en más tiempo. La subida de una sola bola se explica por el impulso adquirido por la otra en la bajada, lo que muestra una continuidad de éste. Hay relación y diferenciación de la fuerza con la velocidad y el impulso, pero sin aclarar quien precede a quien. Aún el movimiento o la velocidad constituyen por sí mismos una fuerza.

Finalmente, en el **nivel III** se cuantifica el esfuerzo, la bajada de la bola que golpea está definida por una aceleración regular y por la conservación del peso y por tanto de la acción de éste que es causa del movimiento, siendo la aceleración el factor que varía, ideas que apuntan hacia la expresión $f=ma$.

Concluyendo, la evolución de la noción de fuerza está jalonada por diferenciaciones y coordinaciones de caracteres inicialmente indiferenciados (Piaget, 1973a, p.70), por ejemplo, inicialmente la **masa y el movimiento** poseen **fuerza** y es después de ser diferenciados cuando es posible una síntesis en la expresión formal $f=ma$.

Las características de la noción de fuerza en **situaciones estáticas**, las vamos a tratar en dos grupos, según la interrelación de las ideas del sujeto, en el primer grupo se deja entrever concepciones que están relacionadas principalmente con conceptos académicos como son el de **fuerza, composición de éstas y acción y reacción**, y en el segundo, las concepciones está relacionadas con los conceptos de **momento y de centro de masa**.

El **grupo n° 1** está constituido por experimentos donde se pone en juego *fuerzas son concurrentes*, en concreto, hemos tenido en cuenta tres experimentos (Piaget, 1975, pp.29-45, pp.56-74, pp.75-90), donde se ponen en juego interacciones de un peso con un

elástico y de tres pesos que concurren entre sí, en vertical y en horizontal.

El **nivel I** se caracteriza porque no prevén los efectos, así cuando se adicionan pesos el resultado del esfuerzo común de n acciones, es superior al de n acciones yuxtapuestas, se intenta compensar 50g con 5g o con 100g, y cuando se modifican dos pesos a la vez, sugieren extrañas trayectorias. Hacen depender los efectos del aspecto figurativo, así un peso tira más cuanto más bajo esté o cuanto más largo sea el hilo que lo sujeta. Las fuerzas existen sólo en estado de movimiento. El peso es apto para empujar, propulsar, sujetar, tirar, etc.

En el **nivel II** el sujeto conserva el peso frente a los cambios de posición, lo que le lleva a prever correctamente en la aditividad de pesos. El equilibrio se explica por el hecho de que un peso no puede seguir tirando si hay otros que lo sujetan, de modo que un peso o "tira" o "sujeta". También prevén determinadas composiciones de fuerza sencillas y donde existe alguna simetría, pero no son capaces de generalizar. El movimiento sigue siendo el indicador para captar fuerzas.

El **nivel IIB** presentan algunos retrocesos debido al nuevo papel dinámico que se le da al peso.

Finalmente, los logros operatorios del **nivel III**, lleva a comprender las situaciones de equilibrio planteadas, así la acción del peso, explicará simultáneamente el descenso de un cuerpo y la tracción sobre el elástico, una fuerza continúa existiendo y actuando, incluso cuando no hay movimiento. Gracias a que componen formalmente y de forma simultánea las acciones de las fuerzas, son capaces de prever cuando actúan varias fuerzas en distintas configuraciones más o menos complejas.

El **grupo 2** lo constituyen situaciones experimentales donde *existe una distancia entre el punto de ejecución de la fuerza y allí donde se produce el efecto* (Piaget, 1973a).

En el **nivel I** prevén el punto de equilibrio de objetos geométricos sencillos que posean cierta simetría, con argumentos relativos a factores figurativos o geométricos, nunca al

peso. Se observan otras intuiciones si se les pide sujetar un tablero con unos tacos de madera a modo de patas, como que el equilibrio es más precario o nulo si las patas están "apretadas" o "en línea", o cuando se les pide suspender una cesta desplegable, utilizando contrapesos muy ligeros como ganchos, reglas, lápices, etc, que denota una ausencia de valoración objetiva de las fuerzas puestas en juego.

Los sujetos del **nivel II** se refieren espontáneamente al peso para indicar que la parte de la regla que sobresale pesa más y por ellos arrastra al resto a la caída, sin embargo no captan el efecto de los pesos sobreañadidos según la distancia al centro de la regla. Se aprecia intuiciones para cuerpos planos de que el "centro" está donde se dejan porciones de peso iguales a ambos lados, pero no se entreve esquemas generales que los puedan utilizar para cada nueva situación creada por ventosas a modo de contrapesos. Sin embargo, en la tarea sobre la sujeción del tablero con bloques no se utiliza causalmente el peso, si bien se comprende la necesidad de una superficie de sustentación, siendo ésta mejor si es extensa y bien centrada, y en la tarea de retener una cesta, se entiende que es necesario que el objeto que hace de gancho no sea arrastrado por el peso de la cesta, pero parten de pesos insuficientes.

Es en el **nivel III** cuando el sujeto utiliza esquemas generales para resolver los problemas de equilibrio, de modo que compone porciones para intuir el centro de masa, aunque no de un modo totalmente cuantitativo como es de suponer, ya que no llega a la noción cuantitativa de momento y si a intuiciones para compensar no sólo el peso sino el lugar donde está aplicado que le aporta notables aproximaciones de la solución, si bien para el caso sencillo de la regla, el sujeto entreve la ley de las palancas bajo su forma métrica de una igualdad de productos de fuerza por brazo. Comprenden la función del punto intersección de líneas de equilibrio como centro de gravedad del cuerpo.

4.5.2 Aportaciones constructivistas

1. La noción que el alumno posee de fuerza está asociada con el movimiento, por lo que una velocidad constante requiere una fuerza

constante, (Brown, 1989; Gamble, 1989; Watts y Zylbersztajn, 1981) y la fuerza crea movimiento en la misma dirección que el movimiento (Gunstone y Watts, 1989), así cuando un cohete que marcha a velocidad constante por el espacio orientado perpendicular a su trayectoria y por un breve momento enciende sus motores, los alumnos tienden a dibujar una trayectoria rectilínea, unos perpendicular y otros oblicua a la trayectoria, después, con los motores apagados, el cohete sigue una trayectoria paralela a la que traía antes de encenderlos (Clement, 1982). La fuerza que actúa sobre un coche que describe una trayectoria circular a velocidad constante, es dibujada tangente a la trayectoria por un 40% de alumnos (Warren, 1979).

2. En situaciones estáticas, consecuentemente con las nociones precedentes, los alumnos tienen bastante dificultades para detectar las fuerzas actuantes (Gilbert, Watts y Osborne, 1982). Por ejemplo, sobre un cuerpo apoyado en una mesa, no actúa fuerza alguna o sólo admiten la existencia de al fuerza peso (Clement, 1982). Esta dificultad fue muy bien analizada por Maloney (1984) y Boyle y Maloney (1990), donde los alumnos, ante dos bloques enlazados en una diversidad de situaciones donde se variaban factores como el peso de un bloque, el movimiento de estos (parados, M.U y M.U.A), el modo de crear dicho movimiento (tirando o empujando), sobre superficie horizontal e inclinada, los alumnos que no aplicaban la tercera ley de Newton (la mayoría), introducían los factores más figurativos, y en algunos casos de forma combinada, para explicar la desigualdad de las fuerzas puestas en juego.
3. Para los alumnos, las fuerzas que mejor detectan y operan son las que están relacionadas con las acciones por contacto, principalmente las acciones de "tirar" y "empujar" (Gamble, 1989; Clement, 1982; Maloney, 1984), dentro de este contexto, los alumnos encuentran diferencias entre las acciones de tirar y empujar como si se tratara de dos fuerzas de características distintas, (Gamble, 1989; Boyle y Maloney, 1990), mientras que la acción de sostener no es una fuerza (Hierrezuelo y

Montero, 1989) como ya hemos señalado anteriormente y donde el objeto donde se apoya otro no requiere ejercer una fuerza.

4. El aspecto figurativo de la situación problemática influye en la determinación de la dirección e intensidad de la acción que se produce. Por ejemplo, es necesario hacer más fuerza para retener un coche que está en pendiente en lo alto de una montaña que en la parte media, sobre una pendiente igual (Watts y Zylbersztajn, 1981), un bloque hace más fuerza cuando tiene más peso (Maloney, 1984) o se considera que un sistema formado por dos pesos iguales unidos por una cuerda y pendientes a través de una polea, no está equilibrado si los pesos no están a la misma altura (Viennot, 1979), dos personas que tiran de una cuerda en sentido opuesto y suponiendo el sistema quieto, hace más fuerza el individuo que tiene más peso (Terry y Jones, 1986) o el individuo que va ganando (Watts y Zylbersztajn, 1981).
5. La consideración de que en toda interacción, a toda acción le corresponde una reacción, está lejos de ser intuitiva, por el contrario y en general, tan sólo entreve una de las fuerzas que se ponen en juego si de ella se puede observar algún efecto. En situaciones estáticas, o no aprecian ninguna acción, o aquella que realiza la función de sujetar, tirar o empujar (Maloney, 1984). Así se entreve la fuerza de una persona sobre la tierra, pero no se ve la de la tierra sobre la persona (Terry y Jones 1986). No consideran las acciones y reacciones de igual modo si es una situación estática o dinámica, de admitirse la presencia de ambas, si el sistema está parado la acción es igual a la reacción, pero si hay movimiento la acción es superior a la reacción (Hierrezuelo y Montero, 1989).
6. La fuerza está ligada a las interacciones sensomotrices del sujeto sobre su medio, así Gilbert, Watts y Osborne (1982) encontraron que los alumnos no consideran que se esté ejerciendo fuerza alguna cuando un hombre sentado en una bicicleta no pedalea, incluso estos mismos autores apreciaron que los alumnos daban a la

fuerza con que pueden actuar los objetos las mismas características que los esfuerzos de animales o humanos, por ejemplo, una caja situada en un plano inclinado, debe realizar un esfuerzo para mantenerse en ese lugar, en este sentido, Brown (1989), comprobó en una serie de experimentos que la fuerza es considerada como una propiedad de los cuerpos, por ejemplo, cuando chocan dos bolas una de las cuales está parada, la que está moviéndose ejerce más fuerza que la otra o cuando los alumnos creen que un bloque de 90kg hace más fuerza que otro de 40kg que se encuentra debajo del primero, creyendo incluso alguno que lo aplastaría.

4.6 Resultados empíricos sobre la naturaleza corpuscular de la materia

4.6.1 Aportaciones piagetianas

Piaget e Inhelder realizaron dos investigaciones especialmente significativas para conocer cómo se desarrolla en el niño la noción atomística o corpuscular de la materia. Estas dos experiencias y los resultados empíricos a los que llego pueden verse sintetizados en el Anexo 2. El objetivo de los mismos no parece estar centrado en la génesis del atomismo sino en la de las nociones de conservación de la sustancia, del peso y del volumen. No obstante, dado el paralelismo encontrado entre los dos desarrollos, son muchos y muy interesantes los datos aportados para dilucidar la cuestión de "si el atomismo caracteriza un estadio o se encuentra, con frecuencia más o menos grandes en todos los niveles, pero con significados diferentes según los modos de composición" (Piaget e Inhelder, 1982, pp. 176) y, por supuesto, para conocer cuáles son esos significados.

A continuación destacaremos los resultados más significativos de estos experimentos relativos a la constitución atomística de la materia:

1. En primer lugar, y como resultado general, los niños investigados dan síntomas preatomísticos o atomísticos desde los niveles inferiores, ya que, de forma natural, suelen aludir a granos, polvo, partículas o trozos para dar significado a sus

explicaciones. La frecuencia de esta tendencia a hablar de corpúsculos varía, no solo con la capacidad operatoria, sino también con la experiencia física planteada, siendo mucho menor, por ejemplo, en la dilatación del mercurio de un termómetro, que en la disolución del azúcar en agua.

2. Piaget gradúa las explicaciones de los sujetos en niveles, asociados al desarrollo de las nociones de conservación. Estos niveles tienen las siguientes características generales

* En un primer nivel, las explicaciones mayoritarias son macroscópicas y regidas por la percepción. En caso de surgir explicaciones atomísticas o granulares, cosa más probable cuando la experiencia directa invite a hacerlo (como al ver el principio del desmenuzamiento del azúcar) el niño simplemente desplaza el problema macroscópico al nivel microscópico. Por tanto, si a nivel macroscópico la sustancia puede desaparecer o crecer, *los granos elementales pueden desaparecer, crecer en número o tamaño*, como se pone de manifiesto en las respuestas agrupadas en este nivel.

* En un segundo nivel, aumentan las explicaciones microscópicas respecto al anterior y la existencia de los hipotéticos gránulos se hace más independiente de la percepción directa. Estas explicaciones microscópicas de nuevo se basan en trasladar el problema macroscópico al nivel de los corpúsculos. Por tanto, se conciben *granos invisible, que pueden cambiar o perder su peso, que pueden cambiar de volumen o incluso "fundirse"* (transformarse en granos de agua). La única diferencia respecto al nivel anterior estaría en la mayor tendencia a su permanencia

* En un tercer nivel, las explicaciones microscópicas tienden a darse, aún en las situaciones más adversas, tal como la dilatación del mercurio. No obstante, los *granos o trozos elementales para los sujetos de este nivel pueden contraerse o dilatarse y, por tanto, pueden ser elásticos*. La única diferencia con el nivel anterior se encuentra en la mayor tendencia a su

permanencia y el reconocimiento del peso constante.

* Por último, en el cuarto nivel, son muy mayoritarias las explicaciones microscópicas basadas en *granos invariables e incompresibles que se separan o dejan grietas entre ellos*, al dilatarse o mezclarse con el agua. El peso y el volumen individual de estos gránulos permanece invariable, como lo hace la sustancia global. No obstante, esto no se aplica, aún a estos niveles al aire o al "humo del fuego o del calor", ya que éstos no pesan (sí parecen ocupar un volumen) y su presencia en los huecos de los trozos o de los granos no afecta ni a las características individuales de éstos ni a las de la materia global. De hecho, la explicación a la dilatación del grano de maíz de un niño de este nivel de 12 años de edad fue: "Tendría el mismo peso...El aire se coloca entre los granos de harina y se hincha el grano gordo". El aire, pues, no se percibe como materia y, por tanto, no se le aplican los esquemas anteriores.

4.6.2 Aportaciones constructivistas

Para nuestros objetivos, a continuación nos limitaremos a sintetizar lo más brevemente posible, estos resultados:

1. Hay un acuerdo común, en los trabajos analizados sobre el hecho de que los alumnos, desde edades tempranas de 10 años en adelante, usan frecuentemente ideas corpusculares de la materia (Novick y Nussbaum, 1978; Pfundt, 1981; Brook y col., 1984). En los niveles superiores, casi el 100% elige una estructura de partículas para el aire (Novick y Nussbaum, 1981a).
2. Los obstáculos epistemológicos para un aprendizaje científico del modelo corpuscular de la materia parecen concentrarse en dos aspectos (Novick y Nussbaum, 1981a):
 - a) Negación del vacío entre partículas. Los distintos trabajos analizados ponen de manifiesto la dificultad para concebir la inexistencia de materia en los huecos entre partículas. Los alumnos tienden a llenar estos huecos con "polvo", "gérmenes", "aire", "otros gases", etc. (Novick y

Nussbaum, 1978; Dow y otros, 1978; Osborne y Schollum, 1983; Llorens, 1988) o negar la existencia de los mismos huecos (Pfundt, 1981). Esta dificultad permanece incluso en alumnos universitarios (Novick y Nussbaum, 1981a). La compatibilización de esta negación del vacío con la existencia de partículas ha sido interpretada por Novick y Nusbaum (1981b) como una asimilación de una nueva información, principalmente que la materia contiene partículas a los esquemas alternativos de la materia continua. Como consecuencia, por ejemplo, "anteriormente imaginaban el aire como una gelatina transparente y ahora se lo imaginan como una gelatina imbuida de partículas".

b) *Visión estática de los corpúsculos.* También parece ser un problema imaginarse un movimiento intrínseco en las partículas de la materia, no solo para alumnos de edades de 13-14 años (Novick y Nussbaum, 1978; Mitchell y Kellington, 1982) sino también en los universitarios (Novick y Nussbaum, 1981a). Dow y otros señalan la mayor dificultad en aceptar el movimiento de las partículas en caso de sólidos y líquidos que en gases.

3. Las partículas de las que suelen hablar los alumnos no se corresponden con la visión científica de las mismas. En los niveles inferiores se les atribuye características humanas, como crecer, morir, consumirse, etc (Osborne y otros, 1982) Y los de edades intermedias de 15 años, propiedades macroscópicas de la materia y así, pueden dilatarse o fundirse (Brook y otros, 1984). Incluso en alumnos universitarios, más del 50% no respeta la conservación del número de partículas en los dibujos que usan para representar numerosos procesos físicos y químicos (Gabel y otros, 1987).
4. Las dificultades de los alumnos con el modelo corpuscular de la materia adquieren sus peculiaridades cuando éste se aplica a los distintos estados de agregación. No obstante, no hay acuerdo general de resultados. Por ejemplo, si Dow y otros (1978), encontraron que el diámetro molecular disminuye progresivamente al

pasar del estado sólido al líquido y de éste al gaseoso, Gabel y otros (1987) obtuvieron resultados contrarios, esto es, que hay una tendencia a aumentar el diámetro de las partículas en los cambios de líquidos a gases, en lugar de la esperada separación de las mismas.

Otra conclusión de estos últimos autores fue que los alumnos subestiman la distancia entre partículas para los gases y sobreestiman la distancia para sólidos y líquidos. Así, si ésta suele ser del orden de 12:1:1, los alumnos incluso universitarios, suelen hacer dibujos de 3,5:2:1.

Por último, Brook y col (1984) encontraron también confusiones de las fuerzas entre partículas para los distintos estados de agregación.

4.7 Comparación de resultados empíricos piagetianos y constructivistas

4.7.1 Sobre la noción de fuerza

En base a los datos expuestos anteriormente sobre fuerzas, se puede afirmar que en el plano de las regularidades a partir de los datos directos ofrecidos por los entrevistados, las aportaciones de los trabajos posteriores están contenidas en los trabajos piagetianos, que presentamos resumidas aquí:

- a) La noción de fuerza está asociada con el movimiento que produce, y cuando éste no se da, los alumnos tienen dificultades para detectarlas.
- b) El aspecto figurativo influye en la determinación de la dirección y sentido de la fuerza.
- c) La reacción de una acción está lejos de ser intuitiva.
- d) La noción de fuerza está ligada a las interacciones sensomotrices del sujeto con su medio.
- e) Son difíciles de entrever los efectos cuando estos están ocasionados por varias causas, que actúan bien simultáneamente o sucesivamente.

No obstante, se han detectado algunas diferencias en el plano de los datos concretos, creadas más por la nueva situación física planteada al alumno que por una interpretación del autor. Así, se pueden apreciar algunas novedades de los trabajos posteriores que, aunque contenidas en las generalidades piagetianas, no lo están explícitamente en los datos concretos. Estos nuevos datos, así como las situaciones físicas que generan estos, que hemos considerado más interesantes son el desplazamiento por el espacio de un cohete, donde la trayectoria está determinada por la causa, o ausencia de ésta, que en cada momento actúa (Clement, 1982), la valoración de fuerzas actuantes de los bloques entrelazados depende del modo con que se aplican las acciones o de factores que no tienen nada que ver con éstas (Maloney, 1984), el coche sujeto en la parte alta y media de una montaña (Watts y Zylbersztajn, 1981), la asociación de las fuerzas actuantes con el estado de movimiento de la moneda lanzada hacia arriba y la desigualdad de las acciones en la polea que sujeta pesos iguales, debida a un desnivel de los pesos, sin que le parezca al alumno relevante la quietud del sistema (Viennot, 1979), y otros ya comentados de Terry y Jones (1986), Gilbert y otros (1982) y Brown (1989).

También se aprecian datos piagetianos no contenidos en trabajos posteriores como son, en general, aquellos referentes a la ordenación de los datos por niveles de dificultad desde una perspectiva genética, en particular, a los que indican que el efecto de los pesos depende del orden temporal de su colocación, los que se refieren a las previsiones curiosas del nivel preoperacional y los que sugieren que determinadas adquisiciones dinámicas del peso llevan al sujeto a retrocesos en la interpretación de los datos.

4.7.2 Sobre la naturaleza de la materia

Una rápida lectura de los resultados empíricos expuestos en apartados anteriores sobre este tema, pone de manifiesto que:

- a) Respecto al uso primitivo de las ideas corpusculares de la materia y a la visión no científica atribuida por los alumnos a las hipotéticas partículas, los constructivistas no han hecho más que confirmar resultados

empíricos piagetianos. Incluso parecen haber obviado un dato que, en este mismo sentido, nos parece sumamente interesante: no basta con decir que los alumnos atribuyen a las partículas características humanas (morir, crecer, consumirse,...) o características macroscópicas (fundirse, dilatarse, contraerse,...) sino que sería muy importante conocer, al modo que lo hace Piaget, qué posible evolución hay respecto a estas características y qué tipos de tareas favorecen unas u otras.

- b) En las investigaciones aludidas no se suelen controlar las dificultades de los niños con los fenómenos macroscópicos que se les pide interpretar mediante el modelo corpuscular. Esto sería lógico si los niños no tuvieran problemas a este nivel fenomenológico. Piaget comprobó que esto no es así hasta la edad de los 12 años. Más recientemente, Stavy (1990) encuentra que aún cuando a estas edades los niños tengan el aparato lógico necesario para respetar las leyes de conservación, éste actúa competitivamente con el sistema alternativo de conocimiento y uno u otro puede ser activado bajo la influencia de los diversos aspectos figurativos de la cuestión planteada. Así, por ejemplo, la permanencia del color en una evaporación favorece la actuación del aparato lógico sobre el sistema alternativo de conocimiento. Pero con color o sin color, "solamente el 50% de los estudiantes de 12 años comprenden la conservación de la materia en el proceso de evaporación". Este hecho parece de especial importancia en este caso puesto que en la mayor parte de las situaciones planteadas a los niños en las investigaciones constructivistas sobre este tópico intervienen gases y éstos favorecen las dificultades con las leyes de conservación.

No dudamos de que las leyes de la conservación de la materia son un punto de partida clave para la comprensión de la teoría corpuscular. Sería conveniente que se controlaran de forma paralela las respuestas de los alumnos a ambos niveles de interpretación, el macroscópico o fenomenológico y el microscópico o de modelización. Esto fue comenzado a hacer

por Piaget, alcanzando unos resultados que no han sido rechazados ni confirmados, sino únicamente obviados.

- c) Los obstáculos epistemológicos propuestos por los constructivistas para la naturaleza corpuscular de la materia son identificados con los de la misma Epistemología de la Ciencia (Nussbaum, 1989) y explicados por la necesaria transposición cognitiva y lingüística entre los fenómenos reales percibidos y la interpretación microscópica, que en caso de darse incorrectamente originaría representaciones corpusculares regidas por ideas macroscópicas (Llorens, 1988).

Al margen de que no aparecen referencias a las dificultades con el nivel macroscópico, como ya comentamos en el punto anterior, tampoco se reconoce la necesidad operatoria que subyace a este tipo de actividades abstractas, y que sin duda es una de las causas de dificultades. Solo encontramos una cita de Mitchell y Kellington (1982) que viene a confirmar la importancia de las operaciones mentales, al decir que "es posible explicar los resultados concluyendo que un gran número de alumnos no han conseguido las habilidades intelectuales para comprender plenamente la teoría corpuscular de la materia".

- d) Las respuestas específicas que dan los alumnos al aplicar el modelo corpuscular de la materia a los distintos estados de agregación, sólido, líquido y gas, son aspectos nuevos detectados por los constructivistas ya que no habían sido investigados por Piaget. No obstante, hemos de señalar que estas diferencias pueden estar muy influenciadas por una enseñanza incorrecta y, en concreto, por los libros de texto, en los que se ponen de manifiesto las mismas tendencias que presentan los alumnos (Benarroch, en prensa). Esto explicaría las contradicciones en los resultados de las distintas investigaciones.

No queremos finalizar este apartado sin hacer un comentario trivial a la cita más generalizada que hace referencia a los trabajos empíricos piagetianos. Esta alude en términos globales a

que, como dice literalmente Llorens (1988) "este atomismo intuitivo no es considerado válido por algunos autores (...) para la construcción del concepto de cambio químico y no parece ser condición suficiente para un aprendizaje significativo de la teoría atómico-molecular". Si bien estamos de acuerdo con esta aseveración, de ella misma deducimos la condición necesaria que parece suponer, lo cual es una vez más, obviado en los trabajos constructivistas.

4.8 Conclusiones

Después de analizar los alcances empíricos piagetianos y constructivistas referentes a los tópicos de "la fuerza" y "la naturaleza corpuscular de la materia" y después de realizar comparaciones entre ambos con el fin de conocer el grado de asimilación de los primeros por parte de los segundos, creemos que podemos concluir que **los trabajos piagetianos han sido obviados casi por completo**, esta conclusión es tanto más significativa en tanto no se aprecia que las aportaciones constructivistas en la búsqueda y descripción sean superiores a las piagetianas.

Ciertamente, en los artículos publicados entre 1975 y 1985, apreciamos que aparecen comentarios, algo más extensos pero progresivamente menores, sobre los experimentos de Piaget, si bien hay que apresurarse a decir que dichas citas son más formales y de compromiso que reales puesto que poco se tienen en consideración en el curso posterior de la investigación; después de este período, incluso cuando se plantean tareas y situaciones ya estudiadas por Piaget, se obvian sus resultados empíricos a favor de los obtenidos por otros compañeros del Movimiento de las Concepciones Alternativas. Puede ser que este declive coincida con la publicación de ciertos artículos de renombre tales como el de Gilbert y Swift (1985) o el de Driver y Millar (1987), donde es cuestionada la perspectiva piagetiana, en cualquier caso, el hecho ha sido eclipsar los valiosos resultados empíricos obtenidos por Piaget.

Resulta irónico, incluso penoso, pensar que si Piaget se hubiera limitado a presentar a la comunidad científica sus más de 100

experimentos, sin las valoraciones teóricas que les acompañaban, posiblemente sería considerado un gran investigador constructivista "preocupado por los modos de pensamiento del niño", a juzgar por la riqueza de datos encontrados.

El Movimiento de las Concepciones Alternativas ha puesto de manifiesto la importancia de ciertas tendencias en las respuestas de los niños sobre los fenómenos físicos originadas por su contacto directo con los mismos y por la influencia social y lingüística. Indudablemente, ha obtenido resultados ligados a situaciones problemáticas nuevas que no estaban contenidos en los trabajos de Piaget. Pero la falta de rigor científico y metodológico y su empeño de no "mezclarse" con otros programas, rechazándolos de plano, le ha llevado a un "techo" en el que no se aprecia una progresión, de modo tal que trabajos recientes parecen reiterar los resultados de los anteriores (Millar, 1989; Strike y Posner, 1990; Hewson, 1990; Abimbola, 1988).

Quizás, un cambio metodológico donde se contemplara el aporte piagetiano podría ser una solución a investigar (López Rupérez, 1990), creemos que el trabajo en Didáctica de las Ciencias no debe intentar ajustarse a ningún modelo de evolución de las Ciencias y menos aún a los que le imponen cortapisas a su propio desarrollo. Los modelos de evolución científica se han creado a posteriori del propio trabajo científico que, por tanto, se ha desarrollado de manera independiente. Sería un error que en la investigación sobre la Enseñanza de las Ciencias no actuáramos de la misma manera, dejando para el futuro las discusiones más filosóficas que reales sobre nuestra propia evolución.

Por último, nos queda la curiosidad de conocer el motivo por el cual la obra de Piaget se ha tenido en tan poca consideración (en la segunda parte de la década de los 80, prácticamente se le ha obviado); desgraciadamente, los datos que aportan los trabajos posteriores revisados no explicitan nada referente a este particular, por lo que es difícil llegar a una respuesta de forma concluyente, si bien es posible barajar algunas hipótesis a destacar las siguientes:

1. Las críticas a la teoría de Piaget de unos autores, a podido llevar a otros menos documentados en dicha teoría a considerar incorrecta toda la obra de este autor.
2. La extensa obra de Piaget, es algo muy cierto, presenta bastantes dificultades para ser asimilada, no tanto por su complejidad como por el estilo "duro" y "retorcido" de este autor, mientras que los trabajos constructivistas, generalmente presentados en artículos y de lectura relativamente fácil, exigen un substrato mínimo de conocimientos para ser asimilados, permitiendo desarrollar nuevos trabajos, formalmente correctos, sin gran esfuerzo; esto explicaría la proliferación de numerosos trabajos sobre concepciones en la década de los 80.
3. La pérdida del carácter paradigmático que venía disfrutando la obra piagetiana, en favor del movimiento de las concepciones alternativas (Gilbert y Swift, 1985), ha llevado a ésta a quedar fuera del "circuito" de trabajos publicados recientemente.
4. Para un autor que se inicie en el dominio de la didáctica de las Ciencias Experimentales, puede creer que los trabajos recientes deben ser superiores a los que se pueden considerar como "antiguos".

A pesar de que los autores de este trabajo están convencidos de la que consideran verdadera razón del eclipsamiento piagetiano, preferimos que sea el lector, con los datos que aquí se ofrecen y los que sean propios de su formación en este dominio, quien pondere las distintas posibilidades.

5.1 Introducción

Una de las líneas de investigación que mayor número de trabajos ha propiciado en Didáctica de las Ciencias Experimentales ha sido la de "Concepciones" de los alumnos (Moreira, 1994), que empezó a desarrollarse a finales de 1970 y que, ininterrumpidamente hasta hoy, ha proliferado dentro de lo que se ha venido en llamar línea constructivista.

Estudios realizados sobre la evolución o progreso en los resultados publicados por los diferentes autores en cuanto a las concepciones que tienen los alumnos sobre el concepto de fuerza (Jiménez Gómez, Solano y Marín, pendiente de publicar; Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1996) han puesto de manifiesto que no se ha producido dicha evolución o progreso.

En este trabajo se intenta analizar algunas de las causas que han podido dar origen a que no se haya producido tal progreso, revisando para ello las características metodológicas más usualmente utilizadas en la búsqueda y delimitación de concepciones en el alumno, a fin de poder confirmar o refutar el supuesto hipotético de que *esta ausencia de progresión se debe principalmente a la metodología empleada para determinar "lo que el alumno sabe" sobre el contenido objeto de enseñanza.*

5.2 Problemas para delimitar las características metodológicas

Existen en los trabajos elegidos una diversidad de connotaciones que hacen difícil encasillar los diferentes modos que se utilizan en la búsqueda y delimitación de "lo que sabe" el alumno sobre un determinado contenido académico, en nuestro caso, acerca del concepto de fuerza, entre otras razones por las diferentes maneras de conceptualizar "lo que sabe" el alumno" antes del proceso de enseñanza (Gómez y otros, 1992). Así, con respecto a:

1) su estatus cognitivo, se pueden entender desde:

- a) ideas que el alumno posee relativas a los contenidos académicos, delimitadas a partir de sus respuestas a problemas planteados, hasta
- b) constructos que forman parte del retículo conceptual cognoscitivo del alumno, es decir, de su estructura cognoscitiva y, por tanto, pertenecen al plano inobservable de la actividad interna del sujeto.

2) su naturaleza, se pueden considerar concepciones:

- a) desde esas ideas equivocadas que mantienen los alumnos, relativas a los contenidos de enseñanza que se les va a enseñar y cuya valoración se hace en función de la "distancia" de las respuestas incorrectas de éstos a la correcta (errores conceptuales)
- b) hasta aquellas otras generadas de forma espontánea, social o analógica que se van desarrollando paulatinamente y, de modo individual, a través de su interacción con el medio, por lo que algunas pueden no estar relacionadas con contenidos académicos.

En base a esta diversidad se han establecido una serie de criterios que procuran recoger tanto los aspectos metodológicos que con frecuencia aparecen en los trabajos sobre esta temática como otros menos frecuentes o ausentes pero coherentes y necesario según determinados puntos de vista. No se debe olvidar, que este tipo de trabajos requieren de una revisión bibliográfica que permita poner de manifiesto:

- a) la manera en que se tratan los datos,
- b) las valoraciones que se realizan sobre los mismos,
- c) el contexto teórico utilizado para obtener la información que se pretende de los alumnos y su interpretación; etc.

De aquí, que se hayan establecido una serie de criterios a tener en cuenta, entre los cuales destacamos los siguientes:

1. **Tipo de secuencia seguida** para enlazar las distintas partes de la investigación, bien sea inductiva o hipotético-deductiva.
2. **Técnica utilizada para recoger información del alumno.** El abanico de posibilidades va desde las pruebas de *papel y lápiz* hasta la *entrevista individual o clínica* y desde las *preguntas directas* sobre determinado contenido de enseñanza hasta la *solicitud de previsiones y explicaciones sobre situaciones físicas* donde se pone en juego determinados conceptos.
3. **Criterios y técnicas para agrupar, categorizar e interpretar los datos.** Un criterio frecuentemente utilizado es el que ofrece el propio *contenido académico objeto de búsqueda*, en el otro polo se encuentra un punto de vista más próximo al alumno dado por entramados teóricos que han estudiado la cognición de éste como pudiera ser la Epistemología Genética.
4. **Grado descriptivo del trabajo.** Se trata de analizar si las concepciones encontradas son dependientes del plano empírico donde se presentan las cuestiones problemáticas, si poseen cierto grado de abstracción de manera que se hace referencia a un grupo más o menos extenso de situaciones físicas o si se relacionan con otras variables significativas de la cognición del alumno.

5.3 Elección de la muestra y recogida de datos

Con el fin de acotar el elevado número de trabajos realizados sobre las ideas que tienen los alumnos sobre contenidos de Ciencias (Carmichael y otros, 1990 y Confrey, 1990), se optó por elegir la Mecánica, por ser la fenomenología donde los alumnos han desarrollado el mayor número de esquemas espontáneos y donde más trabajos se han publicado.

El número de trabajos realizados en Mecánica resultó ser excesivo, por lo que se seleccionaron sólo aquellos artículos que han abordado principalmente nociones ligadas al concepto de fuerza. De esta manera, la fuerza y conceptos con ella relacionados constituyen el contenido académico objeto de la

investigación, pues sobre dicho contenido existe un número de trabajos publicados suficiente para cubrir las pretensiones del trabajo.

Una dificultad añadida es que la mayoría de los trabajos están publicados en Actas de Congresos, Reuniones o Encuentros que son difíciles de obtener. De aquí, que se optara por seleccionar sólo aquellos que hubiesen sido publicados en revistas de ámbito exclusivo de la Enseñanza de las Ciencias. No obstante, el número de ellas es muy elevado, por lo que se seleccionaron las siguientes revistas, ordenadas alfabéticamente, que resultaron accesibles para nosotros y además porque cubren ampliamente el objetivo del trabajo:

- 1.- Enseñanza de las Ciencias (1983-1985. El Primer número apareció en 1983)
- 2.- European Journal of Science Education, hoy: International Journal of Science Education (1979-1995. El primer número que se ha conseguido es del año 1979).
- 3.- Physics Education (1975-1995)
- 4.- Science Education (1975-1995)

Una vez seleccionadas las revistas, se ha fijado el periodo de revisión de publicaciones desde el 1979, año en que aparece el trabajo de Viennot, hasta el momento actual. En total se han seleccionado 29 artículos. Pensamos que están los trabajos más significativos, aunque pudiera faltar alguno debido a que hayan utilizado palabras claves que no evoquen bien su contenido o porque su temática, aunque tenga cierta relación con el concepto de fuerza, no se ha considerado de interés. Se han excluido también aquellas publicaciones de índole exclusivamente teórica, aunque hiciesen en algún momento referencia a "ideas" de los alumnos sobre el concepto de fuerza.

Se han revisado los siguientes trabajos: Viennot 1979; Helm, 1980; Watts y Zylbersztajn, 1981; Gunstone y White, 1981; Watts, 1982; Selman y otros, 1982; Watts, 1983; Maloney, 1984; Ivowi, 1984; Ruggiero y otros; 1985; Terry y otros, 1985; Terry y Jones, 1986; Noce y otros, 1988; Clement y otros, 1989; Bar, 1989; Brown, 1989; Acevedo y otros, 1989; Boeha, 1990; Villani y Pacca,

1990; Finegold y Gorsky, 1991; Kruger y otros, 1992; Thijs, 1992; Galili y Bar, 1992; Reynoso y otros, 1993; Galili, 1993; Bar y otros, 1994; Twigger y otros, 1994; Kuiper y Mondlane, 1994; Montanero y Pérez, 1995.

Para comparar las características metodológicas de los diferentes trabajos, se ha construido una tabla, donde se expone, en la primera columna los autores y año de publicación y en el resto dichas características. Por falta de espacio, en el anexo 1 se pone, a modo de ejemplo, parte de la citada tabla en el que aparecen cinco referencias bibliográficas cuyos contenidos reflejan, según nuestro criterio, lo que ha sido la investigación acerca de las concepciones de los alumnos sobre el concepto de fuerza desde 1979 a 1995.

5.4 Conclusiones

Las conclusiones más relevantes que presentan los trabajos sobre concepciones analizados son las siguientes:

- La visión de "lo que el alumno sabe" es bastante restringida sobre el contenido objeto de enseñanza, por las siguientes razones:
 - Sólo se tienen en cuenta ideas directamente relacionadas con el contenido objeto de enseñanza. Sin embargo, existen dos casos en que las concepciones del alumno no es usual detectarlas:
 - Ideas que se encuentran en una fase evolutiva lejana al contenido a enseñar (Piaget y García, 1973)
 - Ideas que no están ligadas al contenido de enseñanza según una lógica científica o adulta lo están para el alumno hasta el punto que podría ponerlas en juego para comprender o asimilar dicho contenido (Piaget, 1977).
 - Las capacidades procesuales, tanto intelectivas como motoras, son olvidadas en estos trabajos, cuando se sabe que son determinantes en el rendimiento del

alumno (Shayer y Adey, 1984; Lawson, 1993; Niaz, 1991)

- De un modo usualmente implícito, las respuestas de los alumnos son provocadas mediante el diseño de situaciones y preguntas, catalogadas e interpretadas tomando como referencia el punto de vista que ofrece el contenido a enseñar el cual es objeto de búsqueda. Esto explicaría las restricciones en la recogida de información en el alumno.
- La delimitación de concepciones se hace de un modo inductivo (no se suele trabajar con hipótesis) y descriptivo (no se utilizan modelos que expliquen la razón de su presencia o su posible relación con otros constructos de la estructura cognoscitiva del alumno).
- No es usual analizar la validez y la fiabilidad de los datos (Hashweh, 1988) que se obtienen de los alumnos. Tratándose de buscar e interpretar datos de una fenomenología compleja como es el desarrollo cognoscitivo del alumno habría que tomar algunas medidas -obviadas en los trabajos consultados- tales como:
 - Discriminar respuestas que pueden reflejar algún esquema cognoscitivo, de aquellas otras que son simples "respuestas de compromiso", "respuestas in situ" o simplemente fabulaciones del alumno, consecuencia del tipo de preguntas del investigador al entrevistado o de su desmotivación.
 - Analizar la coherencia de la categorización de los datos tratando éstos como matriz de casos (sujetos entrevistados) y variables (categorías), realizando estudios correlacionales, agrupamientos de casos según similitud en las respuestas, análisis de correspondencias, etc. Todo ello permitiría verificar si los ordenes establecidos en la categorización es más o menos correcto respecto al orden general de los datos. Si se realiza un estudio evolutivo tomando muestras de distintas edades, posteriormente se pueden discriminar conjuntos de datos

que se adaptan mejor a una determinada dirección evolutiva de otros que presentan anomalías respecto a esta dirección (Marín, 1995).

- Comparar los resultados sobre un determinado aspecto desconocido con otros que responden a algún aspecto del alumno mejor conocido como pudiera ser el nivel cognoscitivo, la dependencia-independencia de campo, sus respuestas ante un test de probada fiabilidad, etc.

La falta de progresión en los trabajos que se dedican a la búsqueda de "lo que sabe el alumno" antes del proceso de enseñanza, parece plausible pesar que sea debida a la utilización de esta metodología de búsqueda descriptiva, poco rigurosa, carente de un contexto adecuado para dar significado a los datos del alumno, un tanto divergente y arbitraria.

El que no exista un consenso en los criterios de búsqueda de información a obtener del alumno, puede ser la principal causa de que los trabajos actuales no presenten aportaciones sobre "lo que sabe el alumno" superiores a las que se realizaban a comienzos de los 80.

hacer comparables los datos aportados por los diferentes trabajos seleccionados.

6.1 Introducción

El constructivismo, como modo de enseñar ciencia, fundamenta su estrategia didáctica en el supuesto de que el alumno adquiera los contenidos objeto de enseñanza mediante una construcción activa a partir de "lo que sabe". No obstante, existen diversos modos de entender, averiguar y conceptualizar lo que entienden los investigadores y educadores por estos términos (Gómez y otros, 1992).

Bajo "lo que el alumno sabe" subyacen términos, metodologías y marcos teóricos diferentes (Hashweh, 1988). Esta situación fue calificada hace ya más de diez años por Gilbert y Swift (1985) de fase "preparadigmática" por analogía con la descripción de Kuhn (1981) de los cambios científicos. En efecto, en esta fase, las distintas propuestas sobre "lo que el alumno sabe" han estado poco coordinadas, así la metodología de investigación no es compartida, los objetivos últimos no están definidos, las implicaciones en el aula tampoco han sido coordinadas y la terminología no ha sido consensuada (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994).

Un análisis lakatosiano realizado por Gilbert y Swift (1985), comparando las aportaciones de la teoría de Piaget con las realizadas por el Movimiento de las Concepciones Alternativas (MCA), llega a concluir que la teoría piagetiana estaba en periodo regresivo, mientras que el MCA presentaba indicios de cierta progresión.

Según Lakatos (1974 y 1983), el principal criterio para determinar si una teoría es progresiva es a través de su capacidad de predecir hechos nuevos, o lo que es lo mismo, si su desarrollo teórico anticipa su desarrollo empírico. Este criterio sólo es válido si se utiliza para comparar programas de investigación en competencia, razón por la que Gilbert y Swift lo aplican con las dos tendencias mencionadas. Sin embargo, Marín y Benarroch (1994) mostraron, comparando las aportaciones empíricas sobre concepciones en mecánica y naturaleza corpuscular de la materia, que no está claro que las aportaciones

6

JIMÉNEZ GÓMEZ, E., SOLANO, I. y MARÍN, N. 1997. Evolución de la progresión de la delimitación de las "ideas" de alumno sobre fuerza. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.15, N°3, pp. 309-328.

Resumen:

En este trabajo se pretende analizar si ha existido progresión en los resultados obtenidos por los diferentes trabajos que han abordado las "ideas" de los alumnos sobre Dinámica. Para ello, se ha tomado una muestra amplia de trabajos sobre "lo que el alumno sabe" acerca del concepto de fuerza y se han establecido una serie de categorías para unificar criterios y

del MCA superen a las piagetianas, lo que pondría en entredicho la supuesta progresividad del MCA.

Siguiendo esta línea, en este trabajo se pretende comparar las aportaciones de los distintos trabajos que han abordado el problema de delimitar las "ideas" que poseen los alumnos sobre algunos contenidos ligados al concepto de fuerza, con el fin de analizar si ha habido evolución en dicha delimitación o, por el contrario, no se han superado aún las características de la fase "preparadigmática". Así, si se ha producido una cierta progresión en el MCA, se debería apreciar también en los datos que aportan los distintos trabajos sobre "ideas" de los alumnos.

6.2 Selección de trabajos publicados

El principal objetivo de este trabajo consiste en mostrar si las publicaciones más recientes sobre "ideas" de los alumnos en dinámica aportan nuevos datos no contenidos en otras realizadas con anterioridad.

Para conseguir el anterior objetivo se han llevado a cabo los siguientes pasos:

- a) Selección de un contenido para el que se hayan realizado un buen número de trabajos sobre "ideas" espontáneas de los alumnos.
- b) Elección de una muestra de trabajos representativos de los períodos a cubrir (antes y después de 1985, fecha de publicación de los trabajos de Gilbert y Swift), que permitan poner de manifiesto si ha existido progresión en la delimitación de las "ideas" de los alumnos.
- c) Establecer algunos criterios de comparación, para elegir aquellos que permitan relacionar de forma eficaz los datos aportados por los distintos trabajos publicados y que han sido seleccionados.

a) Selección de un contenido

Con el fin de acotar el elevado número de trabajos realizados sobre las "ideas" que tienen los alumnos sobre Ciencias (Carmichael y otros, 1990 y Confrey, 1990), se optó por elegir la Mecánica, por ser la fenomenología donde los alumnos han desarrollado el mayor

número de esquemas espontáneos y donde más trabajos se han publicado.

El número de trabajos realizados en Mecánica resultó ser excesivo, por lo que se seleccionaron sólo aquellos artículos que han abordado principalmente nociones ligadas al concepto de fuerza. De esta manera, la fuerza y conceptos con ella relacionados constituyen el contenido académico objeto de la investigación, pues sobre dicho contenido existe un número de trabajos publicados con anterioridad y posteridad al 1985 suficientes para cubrir las pretensiones del trabajo.

b) Elección de una muestra de trabajos representativos de los períodos a cubrir

Otro de los problemas es la selección de los trabajos que fuesen representativos de la investigación realizada sobre "ideas" de los alumnos relacionadas con el concepto de fuerza y que, además, permitiese realizar el estudio de progresión en la delimitación "de lo que el alumno sabe" (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994). Una dificultad añadida es que la mayoría de los trabajos están publicados en Actas de Congresos, Reuniones o Encuentros que son difíciles de obtener. De aquí, que se optara por seleccionar sólo aquellos que hubiesen sido publicados en revistas de ámbito exclusivo de la Enseñanza de las Ciencias. No obstante, el número de ellas es muy elevado, por lo que se seleccionaron las siguientes revistas, ordenadas alfabéticamente, que resultaron accesibles para nosotros y además porque cubren ampliamente el objetivo del trabajo:

- 1.- Enseñanza de las Ciencias (1983-1985. El Primer número apareció en 1983)
- 2.- European Journal of Science Education, hoy: International Journal of Science Education (1979-1995. El primer número que se ha conseguido es del año 1979).
- 3.- Physics Education (1975-1995)
- 4.- Science Education (1975-1995)

Una vez seleccionadas las revistas, se ha fijado el periodo de revisión de publicaciones desde el 1979, año en que aparece el trabajo de Viennot, hasta el momento actual; tomando el

1985 (año en que se publica el trabajo de Gilbert y Swift) como referente para diferenciar dos grupos de trabajos: los publicados hasta ese año y los que se hicieron con posterioridad. Esta clasificación permite hacer comparaciones entre ambos grupos y observar si se ha producido progresión en la delimitación de las “ideas” de los alumnos, si bien, como se puede apreciar en las tablas 1, 3, 4 y 5, la mayoría de las comparaciones se han establecido en un continuo temporal, ordenando los trabajos por el año de publicación.

En total se han seleccionado 29 artículos, 11 que corresponden al periodo 1979-85 y 18 al 1985-95. Pensamos que están los trabajos más significativos, aunque pudiera faltar alguno debido a que hayan utilizado palabras claves que no evoquen bien su contenido o porque su temática, aunque tenga cierta relación con el concepto de fuerza, no se han considerado de interés. Se han excluido también aquellas publicaciones de índole exclusivamente teórica, aunque hiciesen en algún momento referencia a “ideas” de los alumnos sobre el concepto de fuerza.

Los artículos seleccionados, ordenados por orden cronológico de publicación, aparecen en la **Tabla 1**, donde también se exponen las pretensiones de cada uno de ellos, la muestra utilizada y la técnica de recogida de datos.

c) Criterios de comparación

Observando la tabla 1 se puede apreciar la diversidad de pretensiones u objetivos de los diferentes trabajos, muestras y técnicas de recogida de datos (se presentan unas 12 maneras diferentes de obtener datos). Esta heterogeneidad dejó entrever la dificultad de realizar estudios comparativos y, sobre todo, la necesidad de hacer agrupamientos en función de semejanzas y diferencias del tipo de aportaciones sobre “lo que el alumno sabe”.

Del análisis de la tabla 1, del tratamiento que los diferentes autores hacen de los datos (por falta de espacio no se presentan) y de los resultados que ofrecen (algunos de los cuales se exponen en las tablas 3, 4 y 5), se deduce que para unos “lo que el alumno sabe” acerca del concepto de fuerza son las explicaciones que realizan los alumnos sobre un determinado

hecho físico, mientras que para otros son explicaciones o razonamientos independientes de los hechos físicos presentados. Por último, indicar que otros autores, tienen en cuenta las explicaciones o razonamientos dependientes o independientes de los hechos físicos y, además, por provenir dichas explicaciones o razonamientos de la estructura cognoscitiva del sujeto, establecen relaciones con variables de tipo cognitivo.

Lo anterior, ha permitido establecer tres tipos de categorías que responden, en una primera aproximación, al modo en que los diferentes educadores o investigadores seleccionados conceptualizan las investigaciones referidas a “lo que el alumno sabe” sobre el concepto de fuerza. Así, se han establecido tres categorías, según que los trabajos:

1. Identifiquen y describan las respuestas de los alumnos y las agrupen por semejanzas o diferencias entre ellas, expresando los resultados mediante porcentajes de alumnos que han respondido de una manera u otra. Los resultados y conclusiones están ligados a las particularidades de los hechos físicos presentados en el cuestionario; a este grupo de trabajos los hemos denominado **descriptivos dependientes de los hechos físicos**, y con estos términos se hará referencia más adelante a esta categoría.
2. Después de identificar y describir las respuestas de los alumnos, establezcan relaciones entre dichas respuestas referentes a las distintas preguntas realizadas y a los hechos físicos presentados. El grado de generalidad de las conclusiones a las que se llegan hace que los resultados que se ofrecen no estén ligados a dichos hechos, e incluso, algunos autores, pueden predecir posibles respuestas de los alumnos a situaciones no presentadas en el cuestionario. La abstracción de los datos se hace desde la lógica del contenido objeto de búsqueda, en nuestro caso, los relacionados con el concepto de fuerza, su evolución histórica y conceptos con ella relacionados. Nos referiremos a los trabajos que están dentro de esta categoría con los términos **descriptivos independientes de los hechos físicos**.

3. Relacionen las respuestas obtenidas por los alumnos con otros factores o aspectos cognitivos que han mostrado ser relevantes como el nivel cognoscitivo, el estilo cognitivo, la memoria a corto y largo plazo, las operaciones mentales, etc. A estos trabajos les denominaremos **descriptivos relacionales**, en la medida que no establecen sus relaciones con otros factores cognoscitivos utilizando el contexto teórico en los que fueron establecidos dichos factores, sino tan solo utilizando técnicas de estadística descriptiva.

En la tabla se presentan las tres categorías establecidas en las que se pueden distribuir todos los trabajos seleccionados sobre Dinámica. Las categorías y la clasificación de los diferentes trabajos se han realizado a partir del análisis de las pretensiones u objetivos, tratamiento de los datos y resultados ofrecidos en cada una de las publicaciones seleccionadas.

Año	Descriptivos dependientes	Descriptivos independientes	Descriptivos relacionales
< 85	Helm, 1980; Gunstone y White, 1981; Ivowi, 1984	Viennot, 1979; Watts y Zylbersztajn, 1981; Watts, 1982; Watts, 1983; Maloney, 1984; Ruggiero y otros, 1985; Terry y otros, 1985	Selman y otros, 1982
> 85	Terry y Jones, 1986; Clement y otros, 1989; Brown, 1989; Kruger y otros, 1992; Galili, 1993	Noce y otros, 1988; Boeha, 1990; Villani y Pacca, 1990; Finegold y Gorsky, 1991; Thijs, 1992; Galili y Bar, 1992; Reynoso y otros, 1993; Bar y otros, 1994; Twigger y otros, 1994; Kuiper y Mondlane, 1994; Montanero y Pérez, 1995	Bar, 1989; Acevedo y otros, 1989

Esta categorización permite comparar datos entre los diferentes autores que están clasificados dentro de cada una de ellas, pero la diversidad de situaciones físicas presentadas para obtener información del alumno da lugar a una gran variedad de resultados que dificulta tal comparación. Por ello, se ha tomado

finalmente como referente para hacer dichas comparaciones las situaciones físicas utilizadas en los cuestionarios, que responden en su mayoría a:

- 1.- Equilibrio estático.
- 2.- Lanzamiento hacia arriba o caída de objetos.
- 3.- Desplazamiento de objetos en un plano horizontal.
- 4.- Interacciones en movimiento relativo
- 5.- Colisiones.

En este trabajo, por razones de espacio, se han elegido aquellos hechos que responden a las situaciones físicas de lanzamiento hacia arriba o caída de objetos, por ser utilizadas por la mayoría de los trabajos seleccionados (21 de los 29 seleccionados) y porque se pueden realizar, en dichas situaciones, las comparaciones más significativas.

Las comparaciones entre los trabajos **descriptivos relacionales** se han realizado entre todos ellos, independientemente de las situaciones físicas presentadas, pues es posible dicha comparación al ser escaso el número de trabajos clasificados dentro de esta categoría.

6.3 Estudio comparativo de los trabajos seleccionados sobre "ideas" de los alumnos acerca de fuerza

Para poner de manifiesto si ha existido progresión en los estudios realizados acerca de "lo que el alumno sabe" sobre el concepto de fuerza, se va a realizar una comparación entre los resultados que ofrecen los diferentes trabajos seleccionados, que se encuentran en una misma categoría y que utilizan hechos físicos clasificados dentro de la situación física lanzamiento hacia arriba o caída de objetos. Siguiendo estos criterios se han construido las tablas 3 y 4, correspondientes a las categorías **descriptivos dependientes e independientes de los hechos físicos**, respectivamente.

En la tabla 5 se comparan los diferentes trabajos clasificados como **descriptivos relacionales**, pero los hechos físicos que

utilizan no pertenecen a la misma situación física.

En las tablas 3, 4 y 5 se presenta en la primera columna los autores y año de publicación, en la segunda los hechos físicos presentados, en la tercera las actividades a realizar por el alumno y en la cuarta los resultados más significativos obtenidos por los diferentes autores.

a) Comparaciones entre los resultados obtenidos en los estudios categorizados como descriptivos dependientes, referidos a situaciones de lanzamiento o caída de objetos: Tabla 3

En la tabla 3, se pueden comparar autores que presentan los mismos hechos físicos y preguntas (Helm, 1980; Ivowi, 1984); análogo hecho físico que los anteriores pero modificando las cuestiones o actividades a realizar por el alumno (Gunstone y White, 1981) y, por último, los que cambian los hechos físicos y las actividades sobre dichos hechos (Terry y Jones, 1986; Clement y otros, 1989; Brown, 1989; Kruger y otros, 1992; Galili, 1993). De dicha comparación, se observa que: a) Helm (1980) e Ivowi (1984) presentan los mismos resultados; b) Gunstone y White (1981), al modificar el tipo de preguntas, encuentra resultados distintos y, c) los demás autores, al cambiar los hechos físicos y las preguntas, describen resultados diferentes entre sí y con respecto a los anteriores.

Los progresos que se producen en la categoría **descriptiva dependiente de los hechos**, si se comparan los trabajos posteriores a 1985 con los anteriores, se refieren fundamentalmente a la presentación de:

a) Nuevos resultados.

b) Datos significativos de carácter metodológico: un cambio de contexto (caída libre de una piedra o un ascensor) origina respuestas diferentes en los alumnos, aunque se realicen análogas preguntas (Galili y otros, 1993).

A pesar de que se ofrecen resultados diferentes y puntualizaciones de carácter metodológico, como las que apunta Galili y otros (1993), no parecen existir diferencias significativas entre los resultados publicados por los diferentes

investigadores en el periodo anterior a 1985 y el posterior, en cuanto que los distintos resultados que se presentan en esta categoría se deben, más que a una progresión en la metodología o al marco teórico a los hechos físicos utilizados, al tipo de pregunta realizada y a la muestra seleccionada.

Resulta ilustrativo que todos los autores, a excepción de Gunstone y White (1981), utilicen en sus preguntas el término fuerza. De aquí que las respuestas del alumno estén mediatizadas por la propia pregunta, así el alumno tiene que generar una respuesta sin que se le de opción a reconsiderar el hecho físico presentado desde una perspectiva diferente a la que se deduce del marco teórico actual de la mecánica clásica. Esto podría justificar el que los autores sólo describan las diferentes respuestas de los alumnos en términos de conceptos erróneos o ideas falsas (Helm, 1980), repuestas erróneas o correctas (Terry y Jones, 1986), nivel de comprensión adecuado o inadecuado (Gunstone y White, 19981), concepciones erróneas (Ivowi, 1984), errores de comprensión, de interpretación u omisiones (Galili, 1993). Salvo Gunstone y White (1981) que utilizan la predicción y la observación de un hecho físico concreto, el resto no puede decirse que presenten cambios importantes en la metodología de investigación en la búsqueda de “lo que el alumno sabe” sobre el concepto de fuerza. Además, todos los autores, sin excepción, realizan las descripciones de las respuestas de los alumnos a partir del marco teórico que se deduce de la mecánica clásica, es decir desde el propio contenido objeto de búsqueda, hecho encontrado y descritos por otros autores (Hashwesh, 1988; Abimbola, 1988; Marín, 1994; entre otros).

b) Comparaciones entre los resultados obtenidos en los estudios categorizados como descriptivos independientes, referidos a las situaciones de lanzamiento o caída de objetos: Tabla 4

Para hacer referencia a las interpretaciones que hacen los investigadores o educadores a las respuestas de los alumnos en esta categoría se van a utilizar los términos *esquemas alternativos* (propuestos por Watts, 1983, para referirse a las diferentes explicaciones que dan los alumnos, independientes de los hechos

físicos presentados, y alternativos a los que poseen los miembros de la comunidad científica actual) que tienen los alumnos sobre el concepto de fuerza.

Para observar si se ha producido progresión en la delimitación de los **esquemas alternativos** (EA) se comparan los trabajos publicados en el periodo 79-85 con los del 85-95, referidos al concepto de fuerza:

Esquemas o subesquemas alternativos deducidos en el periodo 79-85

EA1: las fuerzas se asocian a los objetos (Viennot, 1979). De este esquema podrían derivar los subesquemas siguientes:

- Los humanos, las máquinas y algunos objetos son centros de fuerza: noción antropomórfica de fuerza (Clement, 1973, Cifr. Watts, 1983).
- Las fuerzas son obligaciones para realizar una acción en contra de alguna resistencia (Watts, 1983).
- La fuerza es una acción que realiza alguien o algo: La cantidad de fuerza es proporcional a la cantidad de actividad (Watts, 1983).
- Los objetos retenidos en una posición tienen fuerza (Watts, 1983).

EA2: todo cuerpo en movimiento lleva asociado una fuerza (Viennot, 1979). De este esquema se derivan los subesquemas siguientes:

- Las fuerzas son necesarias para mantener un cuerpo en movimiento (Viennot, 1979).
- Si un cuerpo está moviéndose, existe una fuerza neta sobre él en la dirección del movimiento (Viennot, 1979).
- La fuerza es proporcional a la velocidad (Si $V=0 \Rightarrow F=0$, incluso si $a \neq 0$; Si $V \neq 0 \Rightarrow F \neq 0$, incluso si $a=0$; si las velocidades son diferentes las fuerzas son distintas incluso si las aceleraciones son iguales) (Viennot, 1979).
- Cuando dos fuerzas se juntan, pueden combinarse para cambiar el movimiento de los objetos (Watts, 1983).

EA3.- El cambio de velocidad es consecuencia de la fuerza (Viennot, 1979)

Esquemas o subesquemas alternativos deducidos en la década 85-95:

Se ha encontrado el siguiente referido a situaciones físicas de lanzamiento o caída de objetos:

- Las fuerzas de rozamiento tienen un valor constante (Thijs, 1992).

De la comparación del catálogo de **esquemas alternativos** entre los dos periodos (1979-85 y 85-95), se observa que la mayoría de ellos se hicieron explícitos en el primer periodo. En el segundo, se han ratificado y matizado, tal como se observa en los trabajos de Bohea (1990), Finegold y Gorsky (1991), Thijs (1992) y Kuiper y Mondlane (1994) que utilizan semejantes hechos físicos que Viennot (1979) y Watts (1982 y 1983) y que, por tanto, obtienen análogos resultados. Si bien, si aparece:

- a) Una crítica al esquema EA.2, por no ser un buen predictor para las situaciones físicas que se refieren a movimientos periódicos, lineales o tiro de proyectiles (Finegold y Gorsky, 1991).
- b) Estudios evolutivos, trabajos en los que se pone de manifiesto la evolución con la edad de los esquemas o subesquemas anteriores, que se han publicado en la década de los 1985-95 (Reynoso y otros, 1993 y Bar y otros, 1994)
- c) Matizan los EA.2 en el sentido de que sólo los alumnos más jóvenes presentan dicho esquema alternativo y también detectan que los estudiantes de mayor edad parecen poseer un conjunto de ideas sin mucha coherencia lógica (Kuiper y Mondlane, 1994).

Para el caso de lanzamiento o caída de objetos, los esquemas y subesquemas que se obtienen para la gravedad y conceptos con ella relacionados, en el periodo 1979-85, son los propuestos por Watts (1982) y Ruggiero y otros (1985) (ver tabla 4).

En el periodo 1985-95, los resultados que aparecen referidos al concepto de gravedad y

conceptos con ella relacionados, van encaminados a matizar los esquemas o subesquemas ofrecidos por Watts (1982) y Ruggiero y otros (1985), así, por ejemplo:

- a) Noce y otros (1988) observan que los esquemas y subesquemas propuestos por Ruggiero y otros (1985) no se dan en sujetos con edades inferiores (8-12 años). Al utilizar muestras diferentes, observan la existencia de un modelo descriptivo y otro explicativo que utilizan los niños en sus respuestas acerca de la caída de objetos. De esta forma matizan, por ejemplo el modelo explicativo geocéntrico propuesto por Ruggiero y otros (1985), que relaciona la fuerza de la gravedad con la Tierra, y proponen el esquema: La gravedad es la fuerza que hace que los objetos floten, definición tautológica.
- b) Reynoso y otros (1993), realiza un estudio evolutivo y puede detectar en que edad aparecen los diferentes esquemas alternativos. Así, por ejemplo encuentra que entre los profesores de Primaria el esquema más frecuente es: “la fuerza de la gravedad en la Tierra es mayor que en la Luna o que la fuerza de la gravedad en la Luna es cero”.
- c) Bar y otros (1994), realizan también un estudio evolutivo con una muestra de sujetos entre los 4 y 13 años, lo que les permite asociar las diferentes formas de explicar los hechos físicos presentados con la edad (ver tabla 4).

De la comparación de los trabajos publicados en el primer periodo (1979-85) con los del segundo, referidos al concepto de gravedad y conceptos con ella relacionados, se observa que: a) la casi totalidad de esquemas y subesquemas aparecen en los trabajos publicados en el primer periodo y, b) los del segundo periodo progresan hacia estudios de carácter evolutivo, lo que implica un cambio metodológico, al menos en lo que se refiere a la selección de la muestra.

Como se pone de manifiesto en el análisis de los EA para fuerza, gravedad y conceptos con ella relacionados, no parece deducirse que exista progresión en los resultados, así:

- a) Los trabajos realizados con posterioridad al 1985 no parecen aportar datos novedosos en cuanto a posibles **esquemas alternativos** que tienen los alumnos con utilidad para la enseñanza. Incluso se podría afirmar que los trabajos anteriores al 1985 ofrecen resultados más extensos y de mayor argumentación que los realizados con posterioridad al 1985, a excepción, claro está, de los hechos físicos, las cuestiones y muestras diferentes utilizadas.
- b) El carácter empírico de los diferentes trabajos, si se comparan las dos décadas, es también análogo.
- c) En la tabla 4 se observa que los autores utilizan diferentes términos para referirse a análogos resultados. Así, por ejemplo para referirse a que “el movimiento lleva asociado una fuerza”, Viennot (1979) le llama noción de fuente de fuerza (“*supply of force*”), Watts (1983) y Boeha (1990) fuerza móvil (*motive forces*) y Twigger (1994) fuerza conductora (*driving force*). Todo ello, indica que si se compara la terminología utilizada en los trabajos realizados en el periodo 79-85 con los del periodo 85-95 no se ha producido, en muchos casos, ni tan siquiera unanimidad en los términos a utilizar y menos aún en su significado (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994). Y si esto es así, obviamente, cabe esperar que exista aún menor consenso en la metodología de investigación, así como en el contexto teórico que marque líneas de actuación en las búsquedas de “lo que el alumno sabe”.

Se observa, a nivel metodológico, una tendencia entre los trabajos publicados en el segundo periodo, y para esta categoría, que se refiere al aumento de estudios evolutivos y los cambios que de ello se derivan, como puede ser la selección y ampliación de las muestras, considerando un mayor rango de edad.

c) **Comparaciones entre los resultados obtenidos en los estudios categorizados como descriptivos relacionales: Tabla 5**

No es frecuente realizar trabajos donde se relacione las respuestas de los alumnos con otras manifestaciones cognoscitivas de éstos que han mostrado su relevancia en otros

trabajos (nivel cognoscitivo, estilo cognitivo, nivel de inteligencia, etc.), como se pone de manifiesto en la reducida muestra que integra esta categoría.

La importancia de realizar estos estudios relacionales reside en la posibilidad de contrastar la coherencia y validez de la información obtenida del alumno con otros datos que si parecen estar bien contrastados, así como analizar e interpretar las "ideas" de los alumnos de un modo más amplio y contextualizado, dado que la mejor descripción de la cognición del alumno no debe limitarse a dichas "ideas" (Marín, 1995). Sin embargo, ninguno de los trabajos analizados (en esto no se distinguen los trabajos del primer periodo con los del segundo) consiguen estos objetivos pues limitan la relación entre datos a un cruce estadístico.

La ausencia del entramado teórico donde están implicados los factores cognoscitivos utilizados en los diferentes trabajos limita notablemente las conclusiones propuestas, quedando reducidas las posibilidades que ofrecen los trabajos enmarcados dentro de esta categoría. Así, las diferencias entre los trabajos de Selman y otros (1982) y Bar (1989), aún utilizando muestras de sujetos parecidas, los diferentes resultados que ofrecen, pensamos que se deben al tipo de categorización utilizada y las diferencias de los hechos físicos presentados, más que a una evolución del marco metodológico utilizado.

6.4 Conclusiones

De las comparaciones realizadas anteriormente se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Si se aplica el criterio de Lakatos (1974, 1983): "se determina si una teoría es progresiva a través de su capacidad de predecir hechos nuevos, o lo que es lo mismo, si su desarrollo teórico anticipa su desarrollo empírico" a los estudios realizados sobre "lo que el alumno sabe" sobre fuerza, se puede observar que el Movimiento de las Concepciones Alternativas no presenta indicios de progresión, al menos no se evidencia a través de los resultados ofrecidos por los

diferentes trabajos seleccionados sobre fuerza, pues todos los trabajos, independientemente del periodo de publicación (79-85 ó 85-95), presentan un carácter fundamentalmente empírico y no se aprecia que el desarrollo teórico se anticipe a los resultados.

2. En algunos aspectos, se aprecia cierto progreso en la última década (1985-1995) en la identificación y descripción de las respuestas de los alumnos acerca de los nuevos hechos presentados, pero no en cuanto:
 - a) Al número de esquemas alternativos que presentan los sujetos y que aparecen descritos en los trabajos publicados con anterioridad al 1985.
 - b) Al carácter global con el que los sujetos interpretan los hechos físicos. Así, Viennot (1979) y Watts (1983) describen que los sujetos globalizan el concepto de fuerza con el de energía y cantidad de movimiento, pero este hecho posteriormente no se trabaja ni se intenta estudiar la posible psicogénesis del concepto de fuerza (como lo hace, por ejemplo Piaget y otros, 1973),

En sentido estricto, el criterio de Lakatos tal y como se estableció, es adecuado para evaluar el grado de progresión de las teorías científicas, por lo que, contrarios al trabajo de Gilbert y Swift, no debería aplicarse sobre el MCA dado que esta corriente didáctica ni siquiera posee un entramado teórico que sirva como sustrato de las aportaciones empíricas, pues los trabajos sobre detección de "lo que el alumno sabe" sobre fuerza y conceptos con ella relacionados, que en el periodo inicial son marcadamente descriptivos y realizan la búsqueda de información exclusivamente determinada por el propio contenido objeto de búsqueda, continúan manteniendo estas características en el segundo periodo analizado (1985-95).

Podría mantenerse que el entramado teórico para delimitar las ideas previas del alumno lo constituye los propios contenidos académicos, pero si esto es así, a la vista de los resultados

obtenidos, todo parece indicar que los estudios de “lo que el alumno sabe” sobre fuerza es una línea de investigación que parece concluida en la medida que no se pueden realizar nuevas aportaciones novedosas o que profundicen más en la cognición del alumno, por lo que habría que concluir que el entramado teórico utilizado es inadecuado.

Esta sensación de techo hace pensar en la imposibilidad de continuidad, futuro y perspectiva. Sin embargo, pensamos que los trabajos que aquí se han seleccionado y analizado sólo constituyen una primera aproximación al problema de delimitar “lo que el alumno sabe”, que han permitido al profesor cubrir, entre otros, los siguientes objetivos (Marín y Jiménez Gómez, 1992):

- **Mejorar la comunicación** entre los profesores y alumnos durante el desarrollo del acto didáctico (Driver, 1989).
- **Realizar nuevos diseños de enseñanza** (Osborne y Freyberg, 1985; Posner y otros, 1982; Nussbaum y Novick, 1981, entre otros).
- **Generar una nueva perspectiva sobre el aprendizaje** (Driver y Oldhan, 1985; Glaser y Bassok, 1989; entre otros).
- **Ayudar a conocer mejor los procesos de aprendizaje.**
- **Servir de guía para la investigación educativa**, incluso si se trabaja en un contexto externo a los procesos cognitivos.
- **Ayudar al profesor a interpretar los sucesos que tienen lugar en el aula**, especialmente en la toma de decisiones.

A pesar de estas mejoras, es posible progresar si se hace una revisión de cuál es la información que se puede obtener del alumno de interés didáctico y, a la vez, se utilizan contextos teóricos que permitan un mayor acercamiento a la realidad cognoscitiva del alumno, lo que llevaría necesariamente a un cambio metodológico en la búsqueda de esta información.

Al fin y al cabo, no se puede negar que la búsqueda de “lo que el alumno sabe” se hace

con el objetivo primordial de acomodar los diseños de enseñanza a sus peculiaridades cognoscitivas, y en tanto se obtenga una información más cercana a estas peculiaridades, los diseños de enseñanza quedarán más acomodados y consecuentemente se incrementará la eficacia didáctica.

Se podría entonces pensar, a pesar de que este tipo de trabajos no han mostrado evolución, que la información que aportan sobre el alumno es suficiente para realizar diseños de enseñanza, pero pensamos que habría que dudar de la eficacia didáctica de estos diseños puesto que los resultados a los que llegan están excesivamente mediatizados por la lógica del contenido académico objeto de búsqueda, pues no se debe olvidar las importantes diferencias que suelen existir entre el contenido académico y el del alumno, Marín y Jiménez Gómez (1992).

Creemos que habría que abordar el tema desde una perspectiva más amplia que permitiera determinar al educador:

1. Los momentos claves (edad, por ejemplo) en los cuales los alumnos pasan espontáneamente de la globalización del concepto de fuerza a su diferenciación, por lo que sería necesario realizar estudios de carácter evolutivo, relativos a dicho concepto.
2. Las limitaciones y capacidades cognitivas de los sujetos para aprender un determinado concepto, en este caso el de fuerza y conceptos con ella relacionados.
3. Tratar de ajustar las actividades de enseñanza a las características cognitivas, motivacionales y afectivas del alumno. Hecho que sólo es posible realizar si se conoce del sujeto toda aquella información significativa del alumno de interés didáctico, tanto si está relacionada con el contenido académico como si no lo está (Marín, 1984).

Llegar a solucionar los puntos anteriores requiere, previamente, que los educadores e investigadores clarifiquen cuestiones elementales y útiles de cara a conseguir una progresión en este tipo de estudios, tales como ¿qué entiende cada educador o investigador

por "lo que el alumno sabe" sobre un determinado contenido de enseñanza? ¿qué marco teórico es el más adecuado para realizar este tipo de trabajos? ¿qué metodología es la más adecuada?, etc. En vista de lo cual, no parece que la afirmación "*el catálogo de concepciones sea bastante completo por lo que habría que dedicar los esfuerzos en otras direcciones*" sea acertada.

Para finalizar, decir que es necesario realizar un estudio profundo acerca de las metodologías y marcos teóricos que subyacen en los trabajos seleccionados, y que han constituido la base de nuestro análisis, para a partir de aquí, intentar hacer confluir lo que otros educadores e investigadores han reclamado (López Rupérez, 1990), la necesidad de realizar una reflexión teórica, respecto a los paradigmas educativos que han surgido de la Filosofía de la Ciencia en la tradición del cambio conceptual y de la Psicología Genética, dando lugar a un nuevo programa de investigación más fructífero y mejor fundamentado teóricamente (Marín, 1994).

7

MARÍN, N. 1999. Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol.17, nº 1, pp. 79-92

Resumen:

La propuesta de enseñanza de cambio conceptual es, sin lugar a dudas, la que ha tenido una mayor difusión en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, sin embargo, este trabajo presenta evidencias tomadas de la práctica docente, así como algunas consideraciones teóricas sobre los conflictos cognitivos de los alumnos que, en el mejor de los casos, restringen el campo de aplicación de esta propuesta.

7.1 Introducción

La propuesta de enseñanza de cambio conceptual (PCC), ya desde sus comienzos,

habría de conocer una gran difusión y aceptación por parte de educadores e investigadores del dominio de la enseñanza de las Ciencias.

Los autores originales de la PCC (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*".

La expresión "*cambio conceptual*" ha sido y es, probablemente, una de las más usadas en el dominio de la enseñanza de las Ciencias, principalmente por los seguidores del movimiento de las concepciones alternativas (véase, por ejemplo, Gilbert y Swift, 1985; Millar, 1989), y ha ido precedida de términos calificativos o categoriales como "*propuesta de*", "*modelo de*", "*teoría del*", "*fundamentado en la teoría del*", que ponen de relieve los diversos grados de generalidad o importancia con que se ha acogido la PCC: desde una estrategia de enseñanza particular hasta un contexto teórico válido para fundamentar una investigación.

La paulatina difusión de la PCC ha corrido pareja al incremento de trabajos críticos que, ateniéndonos a sus fundamentos, se podrían alinear en dos grandes agrupaciones:

Tipo 1: críticas que se realizan en el plano de la enseñanza, evaluando resultados, apreciando incoherencias o restricciones, resaltando dificultades para alcanzar objetivos de enseñanza, etc (por ejemplo, Hashweh, 1986; Villani, 1992; Martínez Torregrosa y otros, 1993).

Tipo 2: críticas que se hacen sobre las bases epistemológicas que dan fundamento a la PCC (por ejemplo, Duschl y Gitomer, 1991; Osborne, 1996; Kelly, 1997).

En este trabajo se pretende revisar críticamente la PCC fundamentada en la Filosofía de la Ciencia contemporánea, centrando la atención principalmente en delimitar su campo de aplicación y, en cierta medida, su grado validez; dicha crítica se llevará a cabo desde dos frentes:

- Empírico, comparando la PCC con otras alternativas didácticas que han mostrado ser adecuadas para mejorar los diversos tipos de conocimiento encontrados en el alumnado ante distintos contenidos de Ciencias.
- Teórico, analizando los mecanismos que pone en juego el sujeto para superar diferentes limitaciones y conflictos cognoscitivos y compararlos con los del cambio conceptual propuestos desde la Filosofía de la Ciencia.

Por tanto, esta crítica presenta una componente de *tipo 1* al considerar otros modos de intervención alternativas a la PCC, y otra alineada al *tipo 2*, al marcar diferencias entre la epistemología científica a la individual. Finalmente ambas críticas convergen y se ayudan en la tarea de ponderar y delimitar el campo de aplicación de la PCC.

Obsérvese que la crítica teórica (tipo 2) no se lleva a cabo enfrentando opciones epistemológicas del pensamiento científico como resulta ser más usual.

Por otro lado, se quiere dejar claro que la crítica se hace sobre la PCC fundamentada en la epistemología de la Ciencia, no sobre otras propuestas de cambio conceptual que también consideran diversas teorías cognoscitivas (véase en esta línea, por ejemplo, Pozo, 1989).

7.2 Tipos, precisiones, distinciones y ajustes del cambio conceptual: un intento de mantener el núcleo duro de la propuesta

Como consecuencia de la popularidad de la PCC, desde sus inicios, se han llevado a cabo numerosas experiencias de aula que han aportando datos concretos sobre su grado de eficacia, unas aplicando acríticamente la propuesta tal cual, otras más críticas intentándola matizar, diferenciar, ajustar, etc, así:

Hewson (1981) señala que, además del cambio conceptual, puede ocurrir que:

- se produzca una evolución de la idea espontánea, aumentando en extensión a lo largo de sucesivas instrucciones hasta ser coherente con la académica (a este proceso

le denomina **integración o captura conceptual**)

- la idea espontánea y la académica sean irreconciliables.

De forma análoga Hashweh (1986) también distingue el verdadero cambio conceptual, - **reestructuración cognoscitiva**, que ocurre cuando la estructura cognoscitiva antigua y el nuevo concepto entran en conflicto-, de otras situaciones de aprendizaje:

- Si un esquema espontáneo está en parte o totalmente implícito en el sujeto, es posible explicitarlo a través de ejemplos.
- La distancia entre el contenido objeto de enseñanza y el esquema es tal que se impone presentar ejemplos a modo de analogía, lo que permite la creación de un nuevo esquema a partir del esquema espontáneo.
- La interacción del sujeto no ha permitido desarrollar un esquema sobre un determinado contenido, pero es posible hacerlo diseñando un conjunto de experiencias.
- Muchos conceptos que se enseñan al alumno no son sino una ampliación o generalización de sus esquemas, por lo que únicamente habrá que aportar ejemplos adecuados para que se produzca dicha generalización.

Weil-Barais y Lemeignan (1991) aprecian que, desde una perspectiva epistemológica, existen diferentes visiones del cambio conceptual entre los diversos autores, que se podrían tipificar en las siguientes:

- **Erradicación:** se considera que los alumnos están en un error que debe ser eliminado y sustituido por conceptos correctos a fin de hacerlos expertos (subyace la idea de que existe un conocimiento verdadero que debe suplantar al falso).
- **Coexistencia:** se intenta que el alumno tome conciencia de las ideas que tiene, así como de sus límites de validez, para posteriormente presentarle otras mejores y más operativas.

- Articulación: se apoya en las ideas de los alumnos para elaborar otras nuevas, según esto es mejor hablar de desarrollo conceptual que de cambio conceptual.

En un intento de sistematizar las distintas propuestas, Jiménez Aleixandre (1991) presenta las combinaciones de interacción, entre ideas previas y nuevas ideas, que en buena lógica se deberían dar:

- Si las ideas previas del alumno son irreconciliables con las que se le van a enseñar puede ocurrir que éstas sean rechazadas, memorizadas en parte o que sean poco a poco aceptadas por intercambio (cambio conceptual).
- Si las ideas previas son familiares con las nuevas entonces puede ocurrir que las primeras se desarrollen capturando las segundas o éstas abarquen por inclusión las anteriores ideas que poseen un grado de generalidad más restrictivo.

En muchos casos, al aplicar en el aula la propuesta del cambio conceptual, los resultados obtenidos han sido pocos satisfactorios (Hewson y Thorley, 1989; Martínez Torregrosa y otros, 1993; Sebastia, 1993; Perales, 1993), lo que ha supuesto nuevos esfuerzos para precisar o acotar dicha propuesta.

Hewson y Thorley (1989) señalan que quizá lo importante sería insistir en el cambio del estatus de una determinada concepción del alumno, en función de que sea más o menos inteligible, plausible y útil.

Algunos autores de la propuesta original (Strike y Posner, 1990) reducen la aplicación de ésta a conceptos que juegan un rol generativo y organizativo en el pensamiento (análogo a los esquemas piagetianos y a los paradigmas de Kuhn), de modo que para aprendizajes que supongan capturas y no permutas conceptuales el cambio conceptual no sería válido.

A pesar de las críticas y los resultados en el aula, la PCC continúa aceptándose y aplicándose de forma poco crítica desde los más variados puntos de vista:

- Con programas de instrucción por ordenador, para eliminar errores conceptuales (Hameed y otros, 1993).
- Mediante el uso de analogías provisionales para establecer modelos explicativos (Brown, 1994).
- Leyendo textos que refutan las ideas previas más comunes entre los alumnos (Hynd y otros, 1994).
- Dando la oportunidad al alumnado de explicar oralmente o por escrito sus nuevas ideas (Fellows, 1994).
- Dando a conocer a los alumnos sus propias ideas previas (Perales y Nievas, 1995).

Una primera lectura de este enorme esfuerzo por diferenciar tipos de cambio conceptual, precisar su campo de aplicación, utilizarlo mediante una diversidad de técnicas, etc, llevaría a pensar en lo fructífera que resulta ser esta propuesta.

Sin embargo, una lectura más crítica permite ver que:

- en el esfuerzo por precisar y diferenciar, se han ido acumulando modos de tratar las ideas previas que no suponen cambio conceptual en sentido estricto (por ejemplo, captura, articulación, generalización, etc) y que, sin embargo, son considerados como "otros modos de cambio conceptual",
- se ha ido paulatinamente restringiendo considerablemente el campo de aplicación del modelo de cambio conceptual (originalmente parecía abarcar todos los contenidos de Ciencias) y, por último,
- aparece una diversidad de técnicas que se alejan del sentido original con el que se propuso.

Todo ocurre como si el esfuerzo por diferenciar, acotar, ajustar, precisar y diversificar no sea otra cosa que "manipulaciones" en el cinturón protector del modelo de cambio conceptual (en el sentido lakatosiano del término) a fin de mantener fuera de posibles críticas el núcleo duro del propio modelo.

Otra interpretación adicional a la anterior consiste en relacionar causalmente el esfuerzo por sostener en pie la PCC, con el hecho de que ésta supone una estrategia de enseñanza coherente con la formación científica de la mayoría de autores que publican en este dominio (véase Duschl, 1994). Al final del trabajo se vuelve a tomar con mayor fundamento este particular.

7.3 Clases de tratamiento didáctico según tipos de conocimiento. Delimitación empírica del campo de aplicación del cambio conceptual

Los alumnos poseen sobre los contenidos de Ciencias distintos tipos de conocimientos según las fuentes de donde los han ido adquiriendo: interacción personal con el medio físico, con los amigos, en el colegio, viendo documentales o anuncios, interaccionando con el ordenador, etc.

Todo ello genera diversos tipos de conocimiento bien sean elementos del pensamiento figurativo, conocimiento verbal significativo, esquemas de acción, etc. (Piaget, 1981; Claxton, 1984), localizados en la memoria episódica o semántica (Posada, 1996), se manifiesten como conocimientos declarativos o procesuales (Lawson, 1994; Pozo y otros, 1991b), etc.

El trabajo empírico que se expone en este apartado consiste, inicialmente, en delimitar los tipos de conocimiento declarativo que posee el alumno de Primaria para una diversidad de contenidos del Medio Natural.

En función del tipo de conocimiento encontrado (*diagnosis*), se ha de precisar qué actividades de enseñanza serían las más adecuadas para ayudar al alumno a desarrollar o modificar sus conocimientos en la dirección de otros que estén más en consonancia con los contenidos de enseñanza (*intervención*).

La elaboración del trabajo tuvo carácter voluntario para los alumnos que cursaban la asignatura "Didáctica de las Ciencias Experimentales" que se imparte en el segundo año de la titulación de Maestro en la Universidad de Almería. En total participaron 74 alumnos divididos en 15 grupos de trabajo.

Avisar que, en esta investigación que se está describiendo, puede crear cierta confusión la implicación de dos clases de alumnos: a) los de *Magisterio* que son los que hacen la investigación y, b) los de *Primaria*, sobre los que se aplicará un cuestionario para delimitar sus conocimientos previos.

Los contenidos del Medio Natural elegidos, fueron los siguientes: *seres vivos e inertes, características físicas del agua, clasificación de los animales, crecimiento de las plantas, alimentación y nutrición, alcohol y tabaco, actividad física y alimentación, crecimiento del ser humano, orientación, máquinas y aparatos, el ciclo del agua, cuerpos opacos, translúcidos y transparentes, músculos del cuerpo humano, huesos del cuerpo humano, aparato circulatorio.*

En la formación del alumnado se emplearon 32 horas en módulos de dos, del siguiente modo:

- Exposición oral mediante transparencias de los siguientes contenidos teóricos:
 - Propuestas didácticas desde la perspectiva científica: cambio conceptual, enseñanza por investigación e implicaciones didácticas deducidas del método científico (3 sesiones teóricas) (Marín, 1991).
 - Propuestas didácticas desde la perspectiva del conocimiento del alumno (principalmente centradas en Ausubel y Piaget) y orientaciones metodológicas para la confección de un cuestionario dirigido a delimitar concepciones en el alumnado de Primaria (5 sesiones teóricas) (Marín, 1995).

Apréciase que, además de la PCC, fueron expuestas otras alternativas didácticas con distinto fundamento.

- Actividades prácticas sobre los contenidos anteriormente expuestos (8 sesiones de trabajo), entre las que se encontraban las ligadas directamente con las pretensiones de este trabajo.

Por su importancia, se detallan los pasos que habrían de determinar qué modos de intervención serían los más adecuados al tipo de conocimiento detectado en el alumno de Primaria:

1. Cada grupo de Magisterio, apoyándose en las orientaciones metodológicas, diseña un cuestionario dirigido a determinar el conocimiento de los alumnos de Primaria sobre el contenido que previamente han elegido.
2. Cada grupo administra su cuestionario a una o dos muestras de alumnos de Primaria (número de alumnos entre 30 y 50) con nivel o niveles escolares en el que es adecuado enseñar dicho contenido.
3. Cada grupo de Magisterio delimita el conocimiento del alumnado de Primaria sobre los distintos aspectos que componen dicho contenido.
4. El profesor diseña una tabla de doble entrada: la horizontal es utilizada para situar los distintos tipos de intervención didáctica según el tipo de conocimiento detectado en el alumnado de Primaria (las opciones iniciales fueron: extender, modificar, informar, diferenciar, conceptualizar) y la vertical para que cada grupo distribuya los aspectos más relevantes del contenido elegido (criterios utilizados: partes de interés didáctico, partes constituyentes, apartados del libro de texto, aspectos del conocimiento del alumno que interesa conocer, etc). En el anexo se expone una tabla de ejemplo sobre el contenido "*alimentación*".
5. Los miembros de cada grupo, rellenan las celdillas de la tabla de doble entrada con las concepciones detectadas, según el tipo de intervención más adecuado a la limitación cognoscitiva detectada (ver ejemplo en el anexo). El proceso de encasillamiento va precedido de un debate entre los miembros del grupo y de éstos con el profesor, utilizando como criterio de clasificación y discusión las distintas propuestas didácticas.

Fruto de los debates aparece "*precisar*" como un nuevo tipo de intervención que se podría caracterizar con cierta independencia de "*diferenciar*" y, además, se matizan otros modos de "*extender*" como "*sistematizar*", "*ampliar posibilidades*" y "*enriquecer*".

Los modos de intervención más significativos que finalmente se delimitaron, fueron los siguientes:

1. Extender

Resulta útil cuando se aprecia que el alumno aplica sus ideas o conceptos a un número reducido de objetos y situaciones; en tal caso, lo que se intenta es sistematizar ésta aplicación a una diversidad de objetos y situaciones.

En esta opción se encontraron matices como **sistematizar** (una idea fragmentada) y **ampliar posibilidades o enriquecer** (la visión del alumno sólo contempla algunos aspectos o aprecia menos posibilidades que las que realmente se dan).

Si las ideas o conceptos están limitados en extensión, se trataría de realizar actividades para enriquecerlos con nuevas situaciones u objetos. Véanse algunos ejemplos:

- Los posibles focos de "*contaminación*" que considera el alumno se reducen a los cotidianos y a los que oye por los medios de información (basuras, vertidos de petróleo, capa de ozono, etc), por lo que habría que indicarle, a modo informativo o mejor, con el apoyo de algunas actividades, otros focos de contaminación (contaminación acústica, pilas-botón, efecto invernadero, etc).

- Se posee cierta idea sobre la función de sostén de los "*huesos del cuerpo humano*", la cual se podría enriquecer para una diversidad de animales (con y sin huesos), de personas (gordas y delgadas) y situaciones (llevando más o menos peso, con gravedad superior o inferior a la terrestre).

- No se conoce la utilidad y procedencia del "*agua*" que va más allá del ámbito marcado por su interacción cotidiana con este elemento.

- Los alumnos de 8-10 años no saben localizar puntos relevantes del cuerpo donde pueden detectar el pulso de la "*circulación de la sangre*", excepto en la muñeca y el pecho. Conocen algunas

actividades para mantener el pulso alto o bajo, pero desconocen otras relevantes.

2. Modificar

Sería conveniente cuando se aprecia que el alumnado posee ideas erróneas sobre algún aspecto del contenido de enseñanza. Las actividades deberían estar dirigidas a cambiar o modificar dichas ideas por otras más correctas desde la perspectiva científica. Algunos ejemplos que ilustran esta propuesta son:

- Sobre el "*ciclo del agua*" se aprecian errores sobre su conservación total de la Tierra, debido a la existencia de zonas donde llueve mucho y otras que padecen fuertes evaporaciones; es posible que los alumnos tengan dificultades para cerrar el ciclo del agua a falta de comprender todos los posibles recorridos y transformaciones que sufre el agua. Habría que utilizar modelos con recipientes donde lo que pierde uno por evaporación lo toma el otro, y lo que pierde éste por otras vías fluye de algún modo al primero.

- Las "*plantas*" son consideradas por sujetos de 6-10 años, a medio camino entre los seres vivos e inertes, por lo que habría que inducir de un modo operativo las características básicas de un ser vivo (nacen, crecen, se reproducen y mueren) y mediante unas experiencias comprobar que también se dan estas características en las plantas.

- La mayoría de los alumnos de 8-10 años poseen la idea errónea de que la sangre está por todo el cuerpo (como está el agua en una esponja), desconociendo que "*la circulación de la sangre*" se hace a través de venas y arterias.

- Confunden la función reguladora de los "*alimentos*" con la función plástica, si bien identifican los alimentos reguladores como suministradores de vitaminas.

3. Informar

Sería adecuado cuando el alumnado no posee ningún tipo de conocimiento sobre algún aspecto relevante de un contenido de enseñanza. He aquí algunos ejemplos donde se ha apreciado la carencia de ideas:

- En "*alimentación*" los niños de 10-12 años no distinguen las dietas hipocalóricas de las hipercalóricas por falta de criterios nutricionales para delimitarlas y desconocen la importancia de las sales minerales.

- Ignoran, respecto a "*utilidades del agua*", las repercusiones que tiene su contaminación.

- La mayoría de alumnos de 8-10 años desconocen las causas del pulso en la "*circulación de la sangre*", así como los componentes más relevantes de este líquido.

4. Precisar:

Se hace necesario cuando dos grupos de objetos o situaciones que son disjuntos están vagamente definidos para el alumnado (elementos de uno se encasillan en el otro) o cuando un concepto es utilizado de un modo difuso.

Una variante encontrada es **aclamar** cuando las ideas presentan cierta confusión aunque no sean erróneas.

Véanse algunos ejemplos:

- Varios productos derivados de un mismo alimento son considerados como distintos "*alimentos*". También se ha apreciado confusión, en el ámbito nutricional, entre "energía" y "vida sana" y entre "crecimiento" y "supervivencia".

- Sobre el "*ciclo del agua*" se posee cierta noción sobre el recorrido del agua que se utiliza para ducharse, pero a falta de comprender mejor las transformaciones que puede sufrir ésta por los distintos lugares por donde puede pasar, no cierran el recorrido, ya que no aprecian algunas fases o hacen finalizar su recorrido en el mar. Habría que utilizar modelos para que el alumno aprecie las posibles transformaciones del agua y **precisar** con otras actividades los distintos recorridos reales del agua.

- La mayoría de niños de 10-12 años comprenden la función de las articulaciones de los "*huesos*" para que pueda existir movimiento en los miembros, pero es un

conocimiento que exige ser **precisado** con la noción de ligadura entre huesos cuyas representaciones están globalizadas.

- Aunque los niños de alrededor de 6 años saben distinguir entre "*seres vivos e inertes*", cuando algunos objetos están en movimiento, en reposo o en circunstancias especiales (piedra en remojo, flor seca, pelota pinchada, etc) el criterio clasificador se vuelve confuso, por lo que sería necesario precisar y operativizar las características diferenciadoras entre seres vivos e inertes ante la diversidad de situaciones donde se da confusión.

5. Diferenciar:

Puede ser útil cuando el alumno no distingue, o no lo hace bien, las partes que integran un todo (objeto, situación, sistema, etc), si bien sólo la diferenciación de éstas permitirían comprender el comportamiento del todo. A veces puede ocurrir que ciertas manifestaciones o aspectos del todo se comprendan mejor que otras.

En estos casos habría que realizar actividades donde el alumno tenga ocasión de apreciar la función específica de cada parte, para después integrar cada una de ellas, veamos algunos ejemplos:

- Con los "*músculos*", aunque niños de 8-9 años están acertados asociando los grupos musculares a diversas acciones en términos globales, no existe apenas precisión para distinguir los músculos que intervienen en acciones más concretas, por lo que habría que realizar algunas acciones específicas que permitan apreciar el músculo o grupo muscular que se calienta o adquiere tensión; también sería un recurso didáctico útil realizar acciones donde debe inmovilizar algún músculo.

- Las dos etapas del "*crecimiento*" que no diferencian bien los alumnos de 6-7 años son: adolescencia y juventud; sería conveniente centrar algunas actividades en estas dos etapas poniendo ejemplos concretos con los hermanos o familiares.

6. Conceptualizar

Adecuado para cuando el alumnado posee un buen bagaje de significado sobre el contenido objeto de enseñanza pero tiene dificultades para conceptualizarlo y expresarlo con palabras más adecuadas o con una terminología científica.

Es posible que el alumno, debido a una intensa interacción con objetos o situaciones ligadas al contenido, adquiera ciertas habilidades ante determinadas tareas, pero carezca de las etiquetas (significantes) adecuadas o éstas no existen.

Veamos algunos ejemplos:

- Respecto al contenido "*alimentación*", los niños de 10 a 12 años reconocen los alimentos poco recomendables para una dieta equilibrada pero no tienen conceptualizada la razón de sus deficiencias nutricionales.

- Parecen tener claras las diferencias entre hombre y mujer en las distintas fases del "*crecimiento*" pero, además de no apreciarlas en su totalidad, no utilizan los términos correctos.

Este estudio empírico se ha restringido a contenidos declarativos ya que se trataba de comparar estas estrategias de enseñanza con la propuesta de cambio conceptual que gira también sobre este tipo de contenidos.

Se han encontrado, como se ha podido mostrar, seis tipos de tratamientos didácticos, con matices en algunos de ellos, según los diferentes tipos de conocimientos detectados; probablemente la lista no esté acabada y, es posible, que sea necesario distinguir mejor o agrupar algunas estrategias; así, somos conscientes de que "*precisar*" y "*diferenciar*" poseen connotaciones comunes y, en cierto modo, el primero se podría ver como un apartado del segundo.

Aún así, los resultados de este estudio muestran de un modo práctico que, para resolver las dificultades cognitivas encontradas en el alumnado sobre diversos contenidos de enseñanza, es necesario aplicar distintos modos de intervención en el aula, muchos de ellos claramente diferentes a la propuesta de

cambio conceptual; sólo una, "*modificar*", muestra cierta sintonía.

Cabría la posibilidad de aducir que algunos tipos de cambio conceptual expuestos en el apartado 2 (por ejemplo, algunos propuestos por Hashweh, 1986; Jiménez Aleixandre, 1991) presentan consonancia con, por ejemplo "*extender*", pero en tal caso es rigurosamente cierto que esto no es cambio conceptual en sentido estricto, entonces ¿por qué insistir en considerarlo *otro tipo de cambio conceptual*?

Por tanto, sí que es posible concluir que la propuesta de cambio conceptual es claramente restringida, visto que existen otras estrategias de enseñanza más adecuadas para tratar los distintos tipos de limitaciones cognoscitivas encontradas en el alumnado.

7.4 El papel de los conflictos cognoscitivos en las nuevas adquisiciones cognoscitivas del alumno

Existen muchas formas de aprender y varios niveles de adquisición de lo aprendido (Claxton, 1984), sin embargo, la forma de aprendizaje que aquí nos ocupa está caracterizada porque el camino que lleva a la adquisición está obstruido por un obstáculo: el conflicto cognoscitivo.

Por este motivo, se pretende ahora revisar los mecanismos, factores y constructos que se ponen en juego en las adquisiciones cognoscitivas del aprendiz y, en particular, el papel de los diversos tipos de conflicto cognoscitivo.

La revisión se hará a través de la propuesta de Piaget, por ser ésta la que ha estudiado con mayor profusión los mecanismos y tipos de reacciones ante un desequilibrio cognoscitivo y, en particular, ante un conflicto (Pozo y otros, 1991b; Pozo, 1989).

Son conocidas las diferentes críticas de las que ha sido objeto la teoría piagetiana (una revisión exhaustiva y seriamente fundamentada se puede consultar en Vuyk, 1985). Sin embargo, las "zonas de impacto" de las críticas a Piaget (principalmente, los desfases de los estadios y la descripción de la estructura cognoscitiva desde la lógica de grupos) no "tocan" el entramado teórico que a

continuación se va a exponer (necesariamente resumido), el cuál está entresacado, sobre todo, de las últimas obras de Piaget, por demás, poco conocidas (ver, Vuyk, 1985; Kitchener, 1992).

La exposición se realiza en tres apartados complementarios y sucesivos:

- a) La importancia del constructo "esquema" para entender y describir más adecuadamente los distintos tipos de conflicto cognoscitivo y, en general, el desarrollo cognoscitivo del sujeto.
- b) El constructo "acción" se muestra relevante para entender determinados tipos de adquisiciones, así como el desarrollo cognoscitivo de éste.
- c) La función de los conflictos cognoscitivos en la evolución de los esquemas.

*a) Se puede comprender de un modo más eficaz el desarrollo cognoscitivo del alumno a través del constructo **esquema**, entendido éste como unidad molar de organización del conocimiento a distintos niveles de contenido, generalidad y abstracción, así se podrían diferenciar:*

- Esquemas sensomotrices, son esquemas de acción desarrollados inicialmente a partir de los reflejos del recién nacido y por las reiteradas interacciones de éste con su medio; constituyen la inteligencia sensomotriz que posteriormente, previa interiorización, tendrá una importancia crucial en el desarrollo cognoscitivo (Piaget, 1977a).

- Esquemas específicos dependientes del contenido, son generados por abstracción simple a partir de las interacciones del sujeto con su medio y en su génesis juega un papel básico los esquemas sensomotrices; aunque de carácter irreversible, poseen capacidad transformadora (Marín, 1994).

- Esquemas operacionales; exigen procesos de abstracción refleja que actúan sobre las acciones interiorizadas (Piaget, 1977b), por lo que son un producto cognoscitivo más depurado, general y lejano de la experiencia que los esquemas específicos, con los que mantiene una relación de subordinación: los primeros actúan como operadores para matizar

y precisar la actividad de los segundos (Marín, 1994).

- Esquemas sentimentales; formados por la interacción (consecución, conflictos, apoyos, etc) de los deseos, creencias y expectativas del sujeto con el medio (Marina, 1996), mediatizan la actividad asimiladora de los anteriores esquemas, hasta el punto de que la presencia de estos constructos es fundamental para entender distintos fenómenos de aprendizaje (Claxton, 1984).

- Esquemas sobre creencias, normas sociales, culturales; se desarrollan por la fuerte influencia que recibe el sujeto al estar inmerso en un medio social; no cabe duda que también mediatizan la visión de la realidad dada por los anteriores esquemas.

A pesar de ser usuales los modelos cognoscitivos como retículos conceptuales (véase por ejemplo, Novak, 1982), creemos desafortunado confundir o no diferenciar entre esquema y concepto a efectos de una interpretación de la actividad cognoscitiva del sujeto.

En efecto, mientras el término "*concepto*" posee connotaciones definidas por una lógica bien desarrollada y evoca usualmente la parte declarativa de la cognición e incluso, el plano verbal del conocimiento (Claxton, 1984), el constructo "*esquema*" permite explicar de un modo más plausible las reacciones cognoscitivas del sujeto a distintos tipos de tareas.

Así, un "*esquema*" infiere al sujeto, además de las manifestaciones de su pensamiento declarativo, como ideas, preconceptos, nociones (posibles correlatos del concepto), otros comportamientos de naturaleza procesual (selecciona, organiza, infiere, seria, tantea, establece correspondencias causales, transforma, etc), que, además, están regidos usualmente por una lógica muy diferente a la que se utiliza para definir un concepto o establecer relaciones entre ellos (por ejemplo, la lógica de los conceptos científicos) (Marín, 1996).

El esquema, como sede del comportamiento declarativo y procesual del sujeto refleja mejor las interrelaciones que existen entre estos dos

tipos de conocimiento, abordados por separado con demasiada frecuencia (Claxton, 1984).

En lo que sigue, utilizamos el constructo "*esquema*" como la unidad de organización más importante que integra la estructura cognoscitiva del sujeto.

b) La acción del sujeto es un factor importante para entender las adquisiciones y el desarrollo cognoscitivo de éste.

La acción y, en particular, los esquemas de acción que se van conformando, juegan un papel importante en el desarrollo de la inteligencia que Piaget procura enfatizar reiteradamente:

- La acción es determinante en el *desarrollo cognoscitivo* ya que a lo largo del periodo sensomotriz el sujeto desarrolla una serie de *esquemas de acción* que posteriormente interioriza a través del juego simbólico, con lo que el sujeto logra distanciarse del presente para evocar objetos y situaciones pasadas, relacionar las representaciones de los objetos, etc. (Piaget, 1977a, pp. 16-32). En un determinado momento de la evolución, surgen las *operaciones mentales* de un proceso de abstracción refleja a partir de los esquemas de acción.

- Las *explicaciones causales* son un conjunto de transformaciones que dan cuenta de los hechos y leyes, generan modelos sobre los objetos y su comportamiento, (Piaget y García, 1973, p. 25) *proceden de la propia acción particular*, mientras que las operaciones lo hacen de la coordinación de éstas (p. 24).

- El mecanismo cognoscitivo de la *toma de conciencia* se activa allí donde se producen las interacciones sujeto-objeto, a través de dos observables iniciales periféricos, el objetivo a alcanzar o dirección de la acción y la terminación de la acción en acierto o fracaso. Después, en el intento de reconocer los medios empleados, razones de elección o modificaciones y tanteos durante el ejercicio, etc, hay un proceso de conceptualización, parcial o total del esquema, y la asimilación se hace representativa, susceptible de evocaciones en extensión (Piaget, 1976, pp. 257-258).

c) *Los mecanismos de equilibración de la estructura cognoscitiva explican el desarrollo cognoscitivo del sujeto.*

El enriquecimiento de un esquema no se da por simples añadidos de nuevas incorporaciones, sino por procesos de asimilación (cualquier adquisición cognoscitiva supone la activación selectiva de algún esquema) y acomodación (reorganización del esquema para incorporar el nuevo elemento).

Las nuevas incorporaciones que no son coherentes o familiares con los esquemas asimiladores, suponen perturbaciones que suelen provocar desequilibrios más o menos acusados en los esquemas, y es el esfuerzo del sujeto para buscar nuevos equilibrios lo que produce el avance cognoscitivo de éste.

Las perturbaciones pueden ser ocasionadas por las interacciones de los esquemas con los datos que le llegan del exterior, por una coordinación deficiente entre esquemas o entre esquemas y la estructura cognoscitiva global (Piaget, 1978a, pp. 10-11).

Ante una perturbación externa se pueden apreciar tres tipos de conductas según sea o no modificado el esquema y por el modo de compensar la perturbación (Piaget, 1978a, pp. 73-78), así puede ocurrir que:

- ante un hecho nuevo no se produzca ninguna modificación en el sistema cognoscitivo, de modo que la perturbación es anulada despreciándola sin más,

- la compensación no sea una anulación o rechazo, sino una modificación por "desplazamiento del sistema" hasta hacer asimilable el hecho inesperado, con lo que el elemento perturbador surgido del exterior se integra en el sistema,

- se anticipen las posibles variaciones, que pierden, en la medida en que son previsibles y deducibles, su carácter de perturbación y vienen a insertarse en las transformaciones virtuales del sistema.

Compensada la perturbación se llega a un nuevo equilibrio donde los esquemas mejoran su capacidad asimiladora de varios modos (Piaget, 1978a, p.34):

- Aumentando en extensión su capacidad asimiladora.

- Realizando una coordinación más eficaz entre esquemas.

- Diferenciando los esquemas que permiten asimilaciones más adecuadas y precisas.

- Creando esquemas de rango superior (operacionales) mediante abstracciones más profundas (abstracción reflexiva) a partir de las novedades integradas.

En otro orden de cosas, no habría que dejar escapar la existencia de un alto grado de paralelismo entre los mecanismos piagetianos propuestos para dar cuenta del desarrollo cognoscitivo y los modos de intervención didáctica encontrados en la investigación empírica según el tipo de conocimiento del sujeto (§3), en efecto:

- Los esquemas de acción una vez interiorizados poseen una capacidad asimiladora muy limitada, la cual se va ampliando poco a poco en extensión y precisión mediante el continuo juego de asimilación y acomodación en sus intentos de reequilibración interna y externa. Este desarrollo de los esquemas podría sugerir tratamientos didácticos como "*enriquecer*" y "*precisar*".

- Inicialmente los esquemas de acción se encuentran muy globalizados, lo que da origen a un conocimiento sincrético, por esto, la compensación de muchos desequilibrios supone la necesidad de diferenciar un esquema en dos o más a fin de permitir asimilaciones más adecuadas y precisas; de estas limitaciones se podrían deducir o sugerir estrategias de enseñanza como "*diferenciar*" y, en menor medida, con "*precisar*".

- Los esquemas de acción recién interiorizados han sido desarrollados por la fuerte interacción del sujeto con su medio físico, por lo que poseen un fuerte componente personal que infiere al conocimiento parte de su carácter egocéntrico, después los intercambios de puntos de vista en su interacción social y la utilización del lenguaje actúan de reguladores para expresar sus significados personales de un modo más

compartido; esto corre paralelo a los modos de intervención "*conceptualizar*" e "*informar*".

- Ligado a lo anterior, la toma de conciencia del sujeto (Piaget, 1976, pp. 257-258) permite ir conceptualizando aquello que en un primer momento sabe hacer en el plano de la acción. Al proceso por el que parte del conocimiento empírico inconsciente llega a expresarse verbalmente, Claxton (1984) lo denomina "*darse cuenta*"; todo lo cual sugiere claramente el modo de intervención denominado "*conceptualizar*".

- Si se van a integrar elementos (datos empíricos o información) poco familiares al esquema asimilador, e incluso contrarios, para compensar la perturbación, se requiere una fuerte reestructuración del esquema que puede llevar a un proceso de diferenciación progresiva. Este caso sugiere estrategias como "*modificar*" y "*diferenciar*".

Por lo tanto, se puede apreciar que existe una buena coherencia entre las estrategias de enseñanza delimitadas empíricamente y las sugerencias deducidas de partes del entramado piagetiano, cuya teoría pone de manifiesto, de este modo, su capacidad explicativa.

Además, puesto que la teoría de Piaget se desarrolla de forma coherente desde las diversas manifestaciones cognoscitivas de los niños y adolescentes a cientos de experiencias desarrolladas por este autor y colaboradores, es plausible pensar que se podría comprobar empíricamente la existencia de otros tipos de intervención en el aula deducidas de dicha teoría, lo que dejaría traslucir su capacidad predictiva.

En efecto, aunque nos apartemos por un momento de la línea argumental principal, merece la pena mostrar algunos modos de intervención deducidos de la teoría de Piaget susceptibles de verificación empírica:

- "*Coordinar*" sería adecuado cuando se aprecia que el sujeto posee ciertos esquemas que le permiten solucionar problemas sencillos (por ejemplo, donde intervienen por separado el peso y volumen), pero no otros más complejos que requieren de la coordinación de éstos (siguiendo con el ejemplo anterior, cuando se hace intervenir la densidad); esta

medida didáctica de intervención aprecia la coordinación de esquemas como una de las posibilidades del sujeto para superar determinados conflictos cognoscitivos entre los observables y el sistema de esquemas (Piaget, 1978a).

- "*Operativizar*" será necesario cuando se aprecia que ante una situación problemática cuya resolución depende de la comprensión de un concepto o variable específica, el sujeto ofrece soluciones poco satisfactorias, ya que pone en juego factores perceptivos irrelevantes; esta sugerencia se configura al apreciar que si el sujeto no posee el esquema operacional adecuado para estructurar una variable, suele caer en los engaños perceptivos de la tarea o es muy dependiente de la presentación figurativa del problema.

Cabría preguntarse por qué no han aparecido en la fase empírica "*coordinar*" y "*operativizar*"; la razón más plausible que podría dar es que los cuestionarios se dirigían a la detección de la parte declarativa del conocimiento del alumno, mientras que los dos tipos de intervención deducidos de la teoría de Piaget son procedimientos por los que se rige el conocimiento generado por abstracción refleja (Piaget, 1977), quedando lejos del alcance "explorador" del cuestionario.

Con todo, somos conscientes de que las inferencias que ligan deductivamente fragmentos de la teoría piagetiana con determinados modos de intervención no se rigen por leyes estrictas de la lógica deductiva y es posible que se pudiera llegar a otras deducciones; tal es la naturaleza de este ámbito de conocimiento.

7.5 Comparando el cambio conceptual científico con los mecanismos de conflicto cognoscitivo del sujeto

La propuesta de cambio conceptual presupone que "*existen pautas análogas de cambio conceptual en el aprendizaje [del alumno]*" (Posner y otros, 1982) y que por tanto son aplicables a aquellos "*conceptos del alumno que juegan un rol generativo y organizativo en el pensamiento, análogos a los esquemas*

piagetianos o a los paradigmas de Kuhn" (Strike y Posner, 1990).

Consecuentemente, realizando una transposición desde la Historia y Filosofía de las Ciencias al plano cognoscitivo del alumno, los autores anteriores sugieren que para cambiar sus concepciones, aquellas que están fuertemente arraigadas, se requieren unas condiciones tales que el alumno:

- Sienta **insatisfacción** con su concepción.
- Vea la nueva concepción **inteligible**.
- Tenga ocasión de comprobar que lo nuevo es más **plausible**.
- Aprecie que es más **útil**, por ejemplo, comprobando que puede resolver problemas que no resuelven sus concepciones espontáneas.

Finalmente, se indica que el cambio o reorganización dependerá, en última instancia, de la ecología conceptual del sujeto compuesta por artificios cognitivos tales como anomalías, analogías, metáforas, creencias epistemológicas, creencias metafísicas, etc (Toulmin, 1972).

Ahora bien, según el estudio de los mecanismos y constructos que describen el desarrollo cognoscitivo del alumno, *¿se daría el cambio conceptual con estas condiciones?*.

Las condiciones necesarias para la aceptación de una nueva idea (inteligible, plausible y útil) no parecen entrar en contradicción con los datos que aporta el sujeto sobre los mecanismos de desenlace de un conflicto cognoscitivo; en lo que parece existir discrepancias es en *el modo con que se produce dicho desenlace*.

En efecto, la secuencia *insatisfacción-conflicto-exponer nueva idea-cambio conceptual*, no es tan evidente en el plano de la cognición del alumno, veamos porqué:

- Las reacciones del sujeto ante un supuesto conflicto son diversas: puede que no llegue a darse, que sea obviado, que se ignore o que se afronte, en cuyo caso puede ocurrir que se produzca una reestructuración de esquemas o que se pueda anticipar la perturbación actuando el sujeto en

consecuencia. Un pretendido conflicto diseñado minuciosamente por el docente no tiene necesariamente que funcionar como tal para un alumno.

- La integración de nuevos conocimientos y habilidades en la estructura cognoscitiva, en un buen número de casos, no tiene el carácter lineal que presupone implícitamente el cambio conceptual, por el contrario, se aprecia en los experimentos piagetianos que para encontrar la solución a un problema nuevo o bien para adquirir nuevos datos, el alumno necesita realizar tanteos, constataciones, rectificaciones, etc, en definitiva: procedimientos de acercamiento progresivo de las declaraciones iniciales del sujeto a las posibles evidencias ya sean empíricas o en forma de argumentos.
- Admitiendo que el sujeto afronte el conflicto como tal, existen varios modos para compensar la perturbación que, en cualquier caso, supone modificaciones de esquemas: a) aumentando en extensión la capacidad asimiladora de estos, b) coordinándolos, c) diferenciándolos y/o d) creando otros de rango superior: el constructo "*esquema*" y los mecanismos para compensar la perturbación no están contenidos en la PCC.

Así pues, no sólo hay que prever perturbaciones entre datos externos y esquemas, los datos sobre la cognición del alumno consideran también, conflictos entre los mismos esquemas o entre estos y las estructuras más generales, es decir, las posibilidades de reacción ante un conflicto cognoscitivo no son las supuestas por la PCC y es que, como terminan afirmando sus autores (Strike y Posner, 1990), ésta no es una teoría del aprendizaje.

Actualmente se admite que la simple presentación de la situación conflictiva no va a suponer cambio conceptual (Claxton, 1986; Pozo y otros, 1995), pero habría que acordar que esta previsión no está contenida en las formulaciones iniciales de la PCC, en todo caso sería, más bien, un "remiendo" posterior sobre la base de constataciones empíricas o gracias a exportaciones puntuales hechas desde la psicología cognoscitiva.

Tampoco contempla la PCC las reestructuraciones que pueden sufrir los factores generales de la cognición e incluso los cambios en el conocimiento procesual del alumno; como se ha visto, la teoría de la equilibración prevé, para compensar una perturbación, la existencia de modificaciones tanto en la parte declarativa de los esquemas como en la procesual o la creación de nuevos esquemas operacionales por abstracción reflexiva (Piaget, 1978).

La toma de conciencia de un conflicto conceptual implica mayores cambios que el conflicto empírico, por lo que el cambio conceptual "*está más vinculado a las diferenciaciones y reorganización de las posiciones teóricas que a la existencia de datos empíricos a favor o en contra*" (Pozo y otros, 1995).

Otra posibilidad que se ha tenido ocasión de apreciar, teórica y prácticamente, es que ***no todo lo que es adquirido requiere necesariamente que se produzca un conflicto cognoscitivo***, como pudiera ocurrir en adquisiciones mediante estrategias didácticas distintas de "*modificar*" (extender, informar, conceptualizar, precisar, etc) y, en general, siempre que exista asimilación sin acomodación (Pozo, 1987) o que prevalezca la asimilación sobre la acomodación (por ejemplo, Piaget y Szeminska, 1982).

En otro orden de cosas, la dinámica de la acción en su papel de generar y desarrollar nuevos conocimientos en el sujeto, presenta elementos novedosos respecto al mecanismo de cambio conceptual científico, así:

- La acción juega un papel decisivo en la toma de conciencia ya que esta se produce en la zona donde se producen las interacciones entre sujeto y objetos, allí donde se pueden provocar desajustes entre previsión y constatación, entre metas y resultados; progresivamente, éstos se interiorizan en dirección de los esquemas que han provocado la previsión o la acción, en un intento de reconocer los medios empleados, razones de elección o modificaciones y tanteos durante el ejercicio, etc.

- La acción aporta los elementos específicos necesarios (detalles y aspectos sobre situaciones particulares o propiedades de los objetos, etc) para hacer posible la reestructuración de un esquema o una coordinación entre éste y otros esquemas; también los datos que aporta la acción colaboran en la toma de conciencia de conflictos entre dos esquemas y, posiblemente, al uso progresivamente mayor de uno de ellos. La reestructuración no supone sólo un cambio de estructura, sino también de contenido (Pozo, 1987).

Quizá podría ser válida la propuesta de cambio conceptual para un ámbito restrictivo de enseñanza; desgraciadamente ni esa concesión se puede dar, porque los datos sobre la cognición del alumno *descartan la posibilidad de sustituir un esquema del alumno por otro generado por la enseñanza de un contenido académico*.

En efecto, un modo de proceder novedoso debe explicarse a partir de estructuras anteriores, ya que nunca se observan en el curso del desarrollo comienzos absolutos y, lo que es nuevo, procede o de diferenciaciones progresivas o de coordinaciones graduales (Piaget, 1977a, p. 39), por lo que las supuestas permutas sugeridas por el modelo de cambio conceptual no se pueden dar ya que cualquier nueva adquisición requiere de uno o varios esquemas del alumno para su asimilación.

En este sentido habría que utilizar, en vez del término "*cambiar*", el de "*transformar*", que hace alusión más adecuada a la metamorfosis que sufre el esquema. Para bien o para mal, en la cognición nunca se puede tirar nada a la basura, incluso cuando un esquema ha mostrado deficiencias para ciertos ámbitos o experiencias: tal es el precio para mantener un sistema cognoscitivo coherente.

Ante un conflicto cognoscitivo, el mecanismo de compensación del sujeto que parece más similar al cambio conceptual científico es el de una *asimilación de un contenido académico por un esquema seguido de una diferenciación progresiva*, para generar nuevos esquemas, cada uno con capacidad asimiladora diferenciada (cada esquema se activa en un dominio propio), para después predominar

paulatinamente uno de ellos, posiblemente porque el sujeto lo aprecia más plausible y útil en múltiples circunstancias particulares.

Ahora bien, el constructo "*diferenciación progresiva*", que ha mostrado su eficacia para interpretar datos del sujeto ante tareas piagetianas, no aparece en la PCC, y esto es así porque lo primero se introduce para explicar las reacciones observables del conocimiento del sujeto, lo segundo parte de la suposición de que el cambio conceptual individual debe ser semejante al que se produce en los cambios de teorías científicas.

Finalmente, hay que resaltar que los resultados de trabajos de investigación dirigidos a provocar un cambio conceptual evidencian la enorme dificultad para que éste se dé (por ejemplo, Villani, 1992; Pozo, 1993; Sebastia, 1993).

La PCC en sus versiones iniciales no parece prever que la formación de un nuevo esquema en el alumno requiere un enorme esfuerzo en recursos didácticos, un tiempo de enseñanza bastante generoso y un margen para los reequilibrios y reestructuraciones (aprendizaje) cuya duración depende del mismo aprendiz.

En todo momento, se exige del docente una *actuación continua y coherente, fundamentada, entre otras, en una buena formación teórica de los mecanismos de adquisición de conocimiento del alumno* y no tanto en el cambio conceptual científico: el docente no tiene ante sí a un científico.

7.6 Conclusiones

Es necesario apresurarse a restar originalidad a muchas de las valoraciones críticas que sobre la PCC se hacen en este trabajo, pues de un modo u otro han sido hechas con anterioridad por otros autores, algunas de las cuales, las más significativas, son:

- La propuesta de cambio conceptual tiene una aplicación restrictiva en el aula, sólo para el caso en que el alumno posea una idea previa fuertemente arraigada (Strike y Posner, 1990; Martínez Torregrosa y otros, 1993; Pozo y otros, 1991b).

- Una situación o un experimento que puede ser considerado como un conflicto por el profesor, no implica que lo sea necesariamente para el alumno, por lo que el uso de las condiciones del cambio conceptual puede que sea necesario pero no suficiente (Hewson y Thorley, 1989; López Rupérez, 1990; Sebastia, 1993; Pozo y otros, 1991b; Pozo y otros, 1995). Existen muchas situaciones de enseñanza donde el conflicto conceptual puede no ser suficiente, ni necesario, ni siquiera útil (Claxton, 1986).

- El aprendizaje de contenidos científicos es más complejo de lo que el cambio conceptual supone, ya que se pueden dar, y de hecho se dan, otras posibilidades (Pozo y otros, 1991b; Strike y Posner, 1990; Martínez Torregrosa y otros, 1993; Hewson y Thorley, 1989), unas más sencillas donde se requieren sólo procesos de asimilación o modificación débil y otras más complejas de reestructuración fuerte (Carey, 1986). Es frecuente que las ideas que el alumno organiza antes de la enseñanza "convivan" con las académicas, utilizándose unas u otras en función del contexto donde se van a aplicar (Sebastia, 1993).

Si hubiera que señalar el punto débil de la PCC, éste se podría centrar en *la aceptación poco crítica, por parte de sus defensores, del supuesto de que los mecanismos de cambio conceptual de los que da cuenta la Filosofía de la Ciencia son análogos o semejantes a los que se pudieran dar en el sujeto.*

Sin embargo, como se ha apreciado de forma reiterada, *los mecanismos necesarios para superar distintas limitaciones cognoscitivas y, en general, de los responsables del desarrollo cognoscitivo del sujeto, son bien diferentes a los utilizados para conformar la propuesta de cambio conceptual* (Marín, 1997).

La afirmación "*el alumno puede mejorar su rendimiento académico si desarrolla actividades de clase siguiendo pautas semejantes a la de los científicos que tan buenos resultados han dado en éste ámbito*" comienza a perder su validez allí donde no se dan analogías entre el conocimiento del alumno y del científico (Marín, 1996). Por todo ello, adolecen de semejantes problemas,

las alternativas o soluciones a la PCC que se hacen con los mismos fundamentos (la Historia y Filosofía de la Ciencia), como ocurre con la propuesta de cambio conceptual complementada oportunamente con un cambio metodológico (véase por ejemplo, Gil y Carrascosa, 1985; Martínez Torregrosa y otros, 1993).

Ahora bien, el principal problema de la PCC no habría que centrarlo en las anteriores argumentaciones críticas, pues incluso los mismos autores de la propuesta de cambio conceptual original (Strike y Posner, 1990) realizan declaraciones en ésta misma dirección. El mayor problema es que esta propuesta ha tenido una extensa aceptación y difusión en el dominio de la Didáctica de las Ciencias y ahora resultaría muy difícil situarla en el lugar que le corresponde.

En efecto, a pesar de que arrecian las críticas a la PCC se continúan haciendo investigaciones (véase apartado de tesis didácticas en la revista Enseñanza de las Ciencias) tomando ésta como referencia importante ¿qué tiene el cambio conceptual que lo hace tan atractivo?. Resulta paradójico, pero también significativo, admitir que no se puede dar "*cambio conceptual*" en la mente del alumno y sólo se utilice la expresión porque "*está ya instalada en la literatura*" y "*su uso se ha generalizado*" (ver Toledo y otros, 1997).

En esto estamos por suponer, en la misma dirección que apunta Duschl (1994), que la formación exclusivamente científica de la mayoría de los que publican en este dominio, con poca o ninguna interacción con otras áreas de conocimiento, sólo puede llevar a dar soluciones aproximadas a problemas de enseñanza donde interviene la cognición del sujeto.

Y desde luego, se deberían valorar las transposiciones analógicas desde la Historia y Filosofía de la Ciencia al plano de la enseñanza y aprendizaje del alumno, como una primera aproximación a los problemas de enseñanza. Habría que ser más críticos cuando se trata de establecer correspondencias racionales entre la enseñanza y la epistemología de la Ciencia (Matthews, 1994; Solomon, 1994).

Todo lo anterior podría guiarnos para encontrar una respuesta a la cuestión *¿por qué hacer una propuesta didáctica partiendo de una supuesta analogía entre desarrollo científico y cognición del alumno cuando es posible hacerla con datos y argumentos teóricos tomados directamente de éste?.*

F

La base de datos bibliográfica del grupo de investigación

1

Introducción

La base de datos bibliográfica de un grupo de investigación debe ser cuidada pues es el soporte que permite difundir su producción por la comunidad de los que investigan en el dominio.

Las ventajas de una base de datos consensuada es indudable: permite el intercambio de resúmenes y traducciones entre miembros del grupo de investigación y con otros grupos, pero también, siempre que los criterios de clasificación estén consensuados, para acercar posiciones, lo cual es valioso, por ejemplo, cuando se pretende hacer elaboraciones o trabajos de investigación en colaboración.

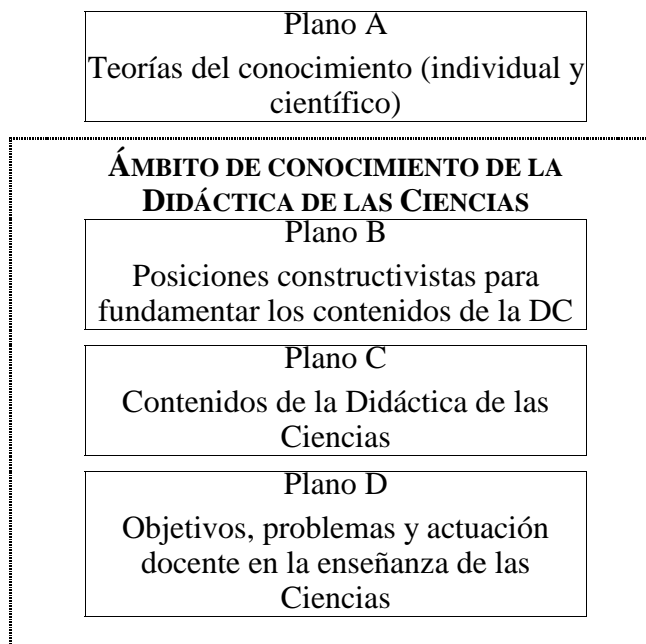
diferencian entre sí por su grado de generalidad y contenido, y que permitiría ubicar los distintos trabajos que se publican en el dominio según su grado de generalidad y filiaciones constructivistas (¡todos somos constructivistas!).

Los cuatro planos quedarían dispuestos según el siguiente esquema:

2

Los fundamentos de la base de datos

En sucesivos trabajos (Marín, 1996; 1997) hemos venido estructurando un espacio conformado por cuatro planos que se



La definición de estos cuatro planos sería la siguiente:

Plano A:

Con un nivel de generalidad mayor que el resto, se ubica un *plano del conocimiento* dimensionalizado por dos ejes que recogen visiones diferentes del conocimiento:

- El primer eje, el ontológico, tiene delimitado uno de sus extremos por el idealismo, tomado en el sentido de que el mundo se crea por el pensamiento humano y depende de éste (no hay más realidad que la que el sujeto construye) y el otro por el realismo, en su acepción de considerar que el mundo, aunque no se pueda conocer, existe realmente con independencia de nuestro conocimiento sobre él (Matthews, 1994).
- El segundo eje, el epistemológico, aceptado según una visión no gnoseológica sobre la formación de nuestro conocimiento sobre el mundo (Piaget, 1977), interesa delimitar sus extremos por el conocimiento cotidiano y científico respectivamente, a efectos de diferenciaciones posteriores en otros planos.

Plano D:

Con el nivel de generalidad más bajo se sitúa el *plano de la enseñanza de las Ciencias*, allí 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 el plano donde se generan los problemas de aprendizaje que suelen ser objeto de preocupación e investigación en el plano inmediato superior.

Plano C:

Por encima y próximo al plano de enseñanza, se extiende el *plano de la Didáctica de las Ciencias* conformado por un conjunto de contenidos cuyo denominador común es la búsqueda de soluciones fundamentadas para los problemas que se generan en el plano inferior (D). Las concepciones del alumnado, su nivel cognoscitivo, la evaluación de la eficacia de propuestas didácticas, la resolución de problemas, la formación de profesorado, etc, etc, son líneas de investigación que delimitan este plano. Resaltar que muchos problemas que se generan en el plano de la enseñanza se deben a la aplicación de propuestas didácticas desarrolladas en el plano superior como es el caso del cambio conceptual, la enseñanza por descubrimiento, el aprendizaje significativo, etc.

Plano B:

Finalmente, por las fuertes implicaciones que posee para el plano de la Didáctica de las Ciencias (C), entre éste y el plano superior de las teorías del conocimiento (A), se ha insertado un plano de compleja composición, si bien los elementos que lo constituyen tienen en común el valor instrumental de fundamentar los modelos de enseñanza y las investigaciones del nivel inmediato inferior (C), a la vez que sus apoyos suelen proceder del plano superior (A). Tres regiones habría que distinguir en este plano, dos de las cuales están bien delimitadas, la de las teorías cognoscitivas del aprendizaje en Ciencias, con trabajos de autores como Pozo y otros (1991), Coll (1990), Ausubel (1982), etc, y la de la Filosofía de la Ciencia en Educación en Ciencias (Solomon, 1994) donde se ubicarían publicaciones de autores como Matthews

(1994), Solomon (1994), Osborne (1996) y Kelly (1997) entre otros. También habría que ubicar trabajos que realizan aplicaciones en la Didáctica de las Ciencias desde la Pedagogía, Lingüística, Sociología, etc; ahora bien, se constata que éstos aportan un tímido caudal a este dominio.

En la tercera región se ha intentado ubicar las distintas versiones constructivistas, que aunque presentan diferencias entre sí por ser distintas sus procedencias y planteamientos iniciales, todas juegan un papel importante para posicionar los diversos modos del proceder en el plano C; esta región, lejos de estar definida por un plano, habría que verla como un "saco" o "cajón de sastre" donde se da cabida a los distintos posicionamientos o "familias constructivistas" del dominio de la Didáctica de las Ciencias: social, radical, humano, piagetiano, etc.



Una base de datos bibliográfica para la Didáctica de las Ciencias

Establecidos y diferenciados los planos de conocimientos que conforman la DC (principalmente los planos B, C y D), así como el que da fundamento a los anteriores (el plano A de las teorías de conocimiento cotidiano y científico), se está en disposición de hacer una propuesta para estructurar una base de datos, la cuál, desde 1991, se ha ido depurando y precisando con una continuada práctica en la que se han clasificado hasta el momento 470 trabajos.

La tarea de clasificar trabajos no es sencilla puesto que estos suelen moverse en distintos planos y, en ciertos casos, la naturaleza misma del trabajo hace difícil su posicionamiento en el espacio anteriormente estructurado.

Los planos que se han definido más arriba se utilizan ahora para estructurar la base bibliográfica que se propone. Resulta difícil publicar en una revista de cierta entidad un trabajo práctico de enseñanza de Ciencias (plano D) que no tenga cierto apoyo en trabajos anteriores, aunque estos pertenezcan al plano C: esto reduce la estructura de la base a tres niveles categoriales que se corresponden con los planos A, B y C:

A Trabajos de otros dominios de conocimiento, principalmente pertenecientes al plano A, que han tenido repercusión en el plano de la DC. Se ha dividido en tres grupos:

A-FILOGE: Historia y Filosofía de las Ciencias (HFC). Método científico. Epistemología de las Ciencias (por ejemplo, Koyre, 1980; Bunge, 1981; Lakatos, 1983).

A-ONTOGE: Trabajos sobre la construcción del conocimiento en el individuo. Epistemología genética. Psicología cognoscitiva (por ejemplo, Case, 1983; Piaget, 1977).

A-VARIOS: Otras teorías que han tenido también repercusión en DC y que están vinculadas a la Sociología, Lingüística, Pedagogía, etc. Trabajos que tratan el tema de la cognición en términos generales, filosóficos o, de un modo simultáneo, desde la perspectiva individual, social y científica (por ejemplo, von Glasersfeld, citado por Vuyk, 1985).

B Autores que han utilizado las elaboraciones del plano A para fundamentar, proponer o tomar posturas críticas en la DC (plano C). Se mantienen las distinciones del nivel anterior, para proponer también tres grupos:

B-FILOGE: Trabajos en los que se analizan las relaciones entre la HFC y la DC. Análisis críticos de posturas didácticas o curriculares tomando como referente la HFC. Relaciones entre la parte del plano A ligada al conocimiento científico y el plano C (por ejemplo, Hodson, 1985; Burbules y Linn, 1991; Gil, 1993; Matthews, 1994).

B-ONTOGE: Trabajos en los que se analizan las relaciones entre las diversas teorías cognoscitivas o del aprendizaje del sujeto y la DC. Análisis críticos de posturas didácticas o curriculares tomando como referente las teorías sobre el conocimiento del alumno. Relaciones entre la parte del plano A ligada al conocimiento científico y el plano C (por ejemplo, Pozo y otros, 1992; Aliberas y otros, 1989; Coll, 1993; Niaz, 1994).

B-DOMINO: Trabajos que reflexionan sobre los problemas y fundamentos de la DC como cuerpo de conocimiento. Revisiones historias o críticas de las distintas tendencias constructivistas en enseñanza de las Ciencias. Apoyo a una versión constructivista. Sobre todo es un juego entre el plano B y C, aunque puede utilizarse también el plano A (por ejemplo, Driver, 1988; Novak, 1988; Millar, 1989; Solomon, 1994; Geelan, 1997).

C Los ladrillos de la DC: modelos didácticos y líneas de investigación. Es el plano C que toma apoyos deducidos de B y otros de carácter empírico inducidos del plano D, a la vez que ejerce sus acciones prácticas sobre éste último plano.

C-OBJETO: Versa sobre cuestiones relacionadas con el objeto de estudio de este dominio, sus objetivos y problemas más característicos (por ejemplo, Jiménez Aleixandre, 1992).

C-PROYEC: Proyectos y propuestas curriculares: LOGSE, SCIIS.

C-FILOGE: Propuestas didácticas fundamentadas en la HFC o en los distintos procedimientos del Método Científico. Enseñanza por investigación, cambio conceptual, prácticas de laboratorio, etc. Mientras F-FILOGE se mueve entre los planos A, B y C, ésta lo hace entre los planos B, C y D, e incluso, eventualmente por A (Wandersee, 1985; Martínez Torregrosa y otros, 1993; Mellado y Carracedo, 1993).

C-CAMBIO: Pertenece a D-FILOGE pero al ser línea de investigación prioritaria requiere su propio apartado. Propuestas didácticas y de aula utilizando como referente el modelo del cambio conceptual (Posner y otros, 1982; Strike y Posner, 1990; Jiménez Aleixandre, 1991; Villani, 1992).

C-COGN-C: Trabajos dentro de la línea de investigación más estudiada en este dominio: concepciones específicas del alumno sobre los distintos contenidos objeto de enseñanza y sus implicaciones

didácticas (Viennot, 1979; Watts, 1983; Galili, 1993; Hierrezuelo y Montero, 1991).

C-COGN-E: Propuestas didácticas donde se considera el conocimiento específico que posee el alumno sobre los contenidos académicos como punto de partida para su enseñanza. Métodos para la búsqueda de concepciones. Implicaciones de las concepciones para la enseñanza de las Ciencias. D-COGN-C recoge los trabajos donde se hacen investigaciones delimitando concepciones del alumnado. Este no es caso de D-COGN-E que todo más usa los resultados de D-COGN-C como "input" (por ejemplo, Driver, 1986; Furió, 1986; Abimbola, 1988; Hashweh, 1988; Pozo y otros, 1991).

C-COGN-G: Trabajos donde se hace intervenir variables referidas a aspectos generales del conocimiento como "nivel", "estilo", "memoria a corto plazo", etc, bien para incrementarlas en la enseñanza o evaluarlas, bien para apreciar sus incidencias en las adquisiciones en Ciencias (Lawson, 1993; Monk, 1990; Shayer y Adey, 1993).

C-PROBLE: Propuestas de enseñanza o aprendizaje dirigidas a mejorar la resolución de problemas. Este grupo recoge todos los trabajos de D-FILOGE y D-COGN-G que versan sobre resolución de problemas, por lo que se podría desdoblar en propuestas que se hacen desde la perspectiva de la actividad científica y las que contemplan la cognición del alumno, por ejemplo a través de un determinado modelo cognitivo sobre la supuesta actividad mental del resolvidor (por ejemplo, Polya, 1968; Gil y otros, 1988; Niaz, 1989; Pómez Ruiz, 1991).

C-CTS-TR: Ciencia, técnica y sociedad. Transversales: medio ambiente, educación al consumidor. Desarrollo integral del alumno (por ejemplo, Solbes y Vilches, 1995; Acevedo, 1996; Membiela, 1997).

C-PROFES: Formación de profesorado (por ejemplo, Furió y Gil, 1989; Cañal 1995; Mellado, Ruiz y Blanco, 1997).

C-EVALUM: Evaluación de los aprendizajes en Ciencias. Técnicas estadística que ayudan a la evaluación (por ejemplo, Lafourcade, 1972; Dixon y otros, 1990; Tamir, 1990).

C-ACTITU: Estudio de las actitudes en el profesorado y en el alumno.

V Grupos que obedecen a las peculiaridades de temática que es objeto de estudio por parte del investigador. Aquí es propio que se ubique la base de datos de las publicaciones del grupo de investigación, la del autor más estudiado, las citas referidas en otros trabajos y que tenemos interés en encontrar o aquellos trabajos de difícil clasificación que también existen. Por ejemplo, si se es un estudioso de la obra piagetiana bueno sería abrir un grupo "V-PIAGET" para ubicar los trabajos de este autor en solitario o con sus colaboradores aunque realmente pertenezcan a T-ONTOGE.

Nota: Esta propuesta de base de datos bibliográfica para el ámbito de la Didáctica de las Ciencias Exactas y Naturales ha sido presentada por el grupo de investigación en el programa especial de promoción de la carrera de licenciatura en Ciencias Exactas y Naturales que ha sido impulsado desde la Dirección General de Enseñanza Superior (MEC) bajo el título: clasificación.

DELIMITACIÓN DE ESQUEMAS COGNOSCITIVOS UTILIZADOS POR EL

CONTENIDOS DE ENSEÑANZA EN CIENCIAS **Bibliografía**

El proyecto, después de dos años, aún no ha sido aprobado. Se encuentra en la bibliografía general al final de la presentación de materiales.

Descripción realista de los objetivos concretos del proyecto y de los beneficiarios científicos y técnicos del mismo

En este proyecto se pretende incrementar el conocimiento que poseemos sobre aspectos

Estructura y desarrollo de un proyecto de investigación

específicos y generales del conocimiento del alumno ligados a las Ciencias de la Naturaleza o Medio Natural, utilizando una metodología que permita obtener información del alumno de interés didáctico para la enseñanza de las Ciencias, de manera que:

- La información obtenida del alumnado será estructurada y ordenada de un modo triplemente evolutivo:
 - variando en un rango amplio (6-18 años) los intervalos de EDAD de la muestra.
 - modificando los factores implicados en las situaciones problemáticas planteadas en el cuestionario (ver §G₂) a fin de apreciar el grado de estabilidad de sus respuestas.
 - variando tipos de intervención puntuales (enseñanza) en el sujeto a fin de apreciar en que modo evolucionan sus conocimientos iniciales.

Se trata, en definitiva, de tener garantía de que la información obtenida se deriva del conocimiento del alumno y no de respuestas de compromiso, realizadas "in situ" o dadas al azar.

No cabe duda de que la secuenciación y enseñanza de los contenidos de Ciencia, fundamentada en una buena información

tomada sobre el conocimiento del alumno, se verá mejorada.

- Posibilita la obtención de información evitando, en la medida de lo posible, sesgos y tergiversaciones, es decir, procurando que los datos obtenidos sean un reflejo, lo más fiel posible, del esquema de conocimiento que el alumno activará en el proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Ofrece criterios útiles para ponderar el grado de validez y fiabilidad de la información obtenida.

Esta pretensión global se podría desglosar en los siguientes objetivos:

1. Precisar tareas significativas y fiables que obtengan del alumnado una calidad de datos tal que permitan delimitar sus esquemas de conocimiento ligados a los contenidos de Ciencias que son objeto de enseñanza.

Denominamos *tarea* al sistema formado por situaciones problemáticas, preguntas, demandas (dibujar, manipular, constatar, etc) y modos de interacción previstas entre el entrevistado y la cuestión que se le plantea. Las tareas serán significativas si en las respuestas del alumno se aprecian elementos novedosos, distorsiones o ausencia notables respecto a los datos perceptivos que se le presentan, y fiables si los tipos de respuestas son estables ante cambios de muestras, y no provienen de reacciones dadas por compromiso, "in situ" o al azar.

Poseer tareas con estas características va a permitir:

2. Delimitar el conocimiento del alumnado en unidades organizativas denominadas "esquemas", tanto específicos como generales.

Los esquemas a buscar deberán activarse ante tareas ligadas a contenidos de Ciencias, por lo que deberían ser los mismos que el sujeto utilice para comprender o asimilar las explicaciones del profesor sobre dichos contenidos.

En investigaciones anteriores hemos tenido ocasión de apreciar que pocos esquemas y su juego asimilador de datos empíricos,

explican un buen número de "ideas previas" del alumnado (Marín, 1994b).

Los esquemas encontrados se utilizarán para:

3. Precisar relaciones entre esquemas de conocimiento específicos y entre estos y los generales.

El modelo cognoscitivo que se propone (Marín, 1994), toma como base la teoría piagetiana complementada por las teorías neopiagetianas de Pascual-Leone y Case, y resalta la importancia de los esquemas específicos (generados por abstracción simple) frente a los operacionales (generados por abstracción reflexiva), permitiendo dar una explicación coherente a las respuestas del alumno ante tareas, como una combinación de los esquemas específicos y generales de su cognición.

Los esquemas no son constructos cognoscitivos estáticos -a diferencia de los instrumentos del pensamiento figurativo- sino que su fuerte actividad asimiladora les hace estar en continuo desarrollo y, a su vez, permiten al sujeto transformar y enriquecer la realidad (Piaget, 1978; Case, 1983); por esta razón será necesario:

4. Establecer los niveles de desarrollo evolutivo de cada esquema específico, en correspondencia con las edades de los sujetos, precisando la fase o fases en la que se establecen relaciones con los esquemas operatorios.

Los esquemas operatorios serán precisados utilizando pruebas normalizadas realizadas por otros autores (Inhelder y Piaget, 1972; Shayer, 1979).

Trazar la génesis o evolución de cada esquema de conocimiento puede tener una importante repercusión en el desarrollo del currículo de Ciencias pues permite precisar el momento cronológico más oportuno para ir introduciendo los distintos contenidos de Ciencias (secuenciación), con independencia de su supuesta dificultad lógica, que no tiene porque corresponder necesariamente con el nivel de dificultad que pudiera apreciar el alumno, además de las ventajas didácticas que supone tener referentes (esquemas característicos de cada intervalo de edad) para analizar en una

clase particular las diferencias individuales o de pequeños grupos; por esta razón se intentará:

5. Mostrar que, en el plano de la enseñanza, esta metodología ofrece una información sobre el conocimiento del alumno con claras ventajas respecto a la que usualmente se obtiene en otras investigaciones sobre ideas previas del alumno.

Es frecuente encontrar trabajos en el dominio de las Ciencias Experimentales donde la información que se obtiene del alumno está sesgada y tergiversada (por ejemplo, Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994; Marín, Jiménez Gómez y Solano, 1996). Este tipo de información se intentará contrastar con la que se obtenga al utilizar la metodología que se explicará en el proyecto más adelante.

También se intentará demostrar que una variable importante en el rendimiento académico del alumno son sus esquemas específicos, los cuales permiten evaluar, de un modo más preciso y exhaustivo, el proceso de aprendizaje.

Algunos trabajos realizados por el grupo (Marín, 1994b; Marín, Carrillo y García Fernández; 1996) han mostrado que el uso de esta metodología supone mayor esfuerzo en la fase de búsqueda o indagación, pero como contrapartida se obtiene del alumno una mayor información de interés didáctico.

2.1 Beneficiarios científicos y técnicos del proyecto

Precisado el conocimiento del alumnado del modo con que se ha apuntado con anterioridad, se podría afirmar que:

- Los **beneficiarios científicos** del proyecto, creemos, son especialmente los investigadores y docentes que trabajan en el ámbito de conocimiento en el que se desarrolla el proyecto: la Didáctica de las Ciencias Experimentales, en la medida que se delimita un conocimiento más completo y cercano a la mente del alumno, aquel que posee sobre los contenidos de Ciencias que son objeto de enseñanza.
- Por otra parte, el uso de un modelo sobre la actividad cognoscitiva que supuestamente desarrolla el sujeto para responder a las tareas que se les plantea (Marín, 1997), aporta a los investigadores de este dominio, un conocimiento adicional al que ya posee por su formación universitaria eminentemente científica, a fin de afrontar la búsqueda de concepciones de un modo más fundamentado que desde la perspectiva que le ofrece el contenido objeto de enseñanza, permitiendo pasar de los trabajos descriptivos que usualmente se hacen sobre las concepciones a otros donde se hace posible interpretar y explicar éstas de un modo más adecuado, realizar la búsqueda con las suficientes expectativas como para aplicar procedimientos hipotéticos-deductivos y saber qué hacer posteriormente con los datos.
- Los **beneficiarios técnicos** del proyecto serían los docentes, principalmente en enseñanza de las Ciencias en Educación Primaria y Secundaria, ya que les permitiría:
 - Establecidas las tareas que son más significativas y fiables para delimitar los esquemas de conocimiento del alumnado, ligados a contenidos de Ciencias, poder desarrollar, de un modo más inmediato y eficaz, **actividades de enseñanza** con posibilidades de ampliar, precisar y modificar dichos esquemas. En definitiva, tener una mayor garantía de que los contenidos serán aprendidos por asimilación y no tanto por memorización o comprensión (Marín, Jiménez Gómez y Benarroch, 1997), lo que garantiza la transferencia de conocimientos.
 - Completar y precisar la visión -basada en la experiencia- que el docente posee del alumno, al enriquecer con nuevos elementos la realidad cognoscitiva de éste, lo que le **permitirá hacer previsiones y abordar, de un modo fundamentado, los problemas de enseñanza y aprendizaje** de un buen número de contenidos de Ciencias.
 - Conocer los distintos niveles por donde pasa el desarrollo cognoscitivo de los

esquemas específicos y operacionales, en correspondencia con las edades, con lo cual, se podrían **secuenciar** con más precisión las actividades de enseñanza y, en general, los distintos elementos del currículo (objetivos, contenidos, evaluación, metodología, etc). Además, permitiría considerar y tratar convenientemente las diferencias individuales de clase.

- La capacidad del modelo para prever los resultados de la enseñanza de contenidos concretos de Ciencias, permite en la formación inicial de profesorado **desarrollar actividades con un nivel de exigencia adaptado a las posibilidades cognoscitivas del alumno.**
- La información que le aporta al docente la **componente procesual de un esquema**, al estar ligada a las capacidades y limitaciones espontáneas del alumno sobre uno o varios contenidos procesuales, permite diseños de enseñanza adecuados para que el alumno aprenda de forma significativa dicho contenido.



Antecedentes y estado actual del tema

Actualmente existe en Didáctica de las Ciencias una clara tendencia en asumir objetivos en los que se pretende que los conocimientos adquiridos en el aula puedan ser útiles al alumno para una mejor adaptación a su entorno.

Esta tendencia es defendida desde distintos foros, como son:

- los trabajos realizados dentro del dominio de conocimiento de la Didáctica de las Ciencias (por ejemplo, Solbes y Vilches, 1993; Furió, 1994; Gil, 1994; Gilbert, 1995) y
- las propuestas oficiales de enseñanza (M.E.C, 1989; M.E.C, 1993).

La **transferencia de conocimientos** a contextos diferentes al utilizado en la enseñanza y el aprendizaje y, en particular, al entorno cotidiano del alumnado, supone no olvidar la enseñanza de contenidos procesuales y actitudinales asociados a los declarativos (Jiménez Aleixandre, 1992).

En el plano donde el alumno aprende, el nuevo conocimiento requiere para ser transferido integrarse en uno o varios esquemas cognoscitivos del aprendiz por procesos de asimilación y acomodación, transformándose éstos bien porque se modifican, logran mayor precisión o extienden su capacidad asimiladora (Piaget, 1977a; Piaget, 1978; Pozo y otros, 1991).

Así, el nuevo conocimiento puede ser transferido porque al estar integrado en un esquema, puede ser utilizado por el alumno en contextos más o menos amplios: el requisito es que lo nuevo pueda ser integrado en los esquemas ya constituidos por el sujeto, por lo que se puede afirmar con respecto a otros modos de adquisición que:

- El acto de comprender no implica por sí solo una adquisición duradera y, por tanto, transferible (Beltrán, 1993); por esto, las propuestas que giran alrededor de la comprensión de los conceptos, no solucionan el problema de la transferencia (por ejemplo, Herron, 1978; Lawson, 1982; Aliberas y otros, 1989a).
- La propuesta de cambio conceptual (Posner y otros, 1982; Hewson, 1991; Strike y Posner, 1990), deducida de los mecanismos que se dan en la construcción del conocimiento científico, no obtiene los resultados previstos al aplicarla en la enseñanza de las Ciencias, bien porque las condiciones de conflicto cognoscitivo no las admite el alumno como tales, bien porque no se da cambio sino convivencia de conceptos (Sebastia, 1993; Villani y Pacca, 1990; Stavy, 1990; Claxton, 1986). Es difícil que se de la transferencia del nuevo conocimiento, dado que los mecanismos de asimilación del alumno (Piaget, 1978) difieren notablemente de los que se dan en el desarrollo del

conocimiento científico (véase por ejemplo, Lakatos, 1983; Kuhn, 1981).

El camino para garantizar la asimilación de los contenidos de enseñanza supone ser consecuentes con los elementos y mecanismos cognoscitivos que el alumno pone en juego en la adquisición de nuevos contenidos, por tanto esto supone:

1. Partir de sus conocimientos previos.
2. Crear condiciones de clase motivadoras y un ambiente expectante que posibilite el juego de equilibrios y reequilibrios (Marín, 1997).
3. Procurar que participe activamente en la construcción de su conocimiento.
4. Hacer que interaccione, en la medida de lo posible, con objetos y situaciones reales o cercanos a ellos.
5. Respetar su ritmo de aprendizaje con actividades que permitan tanteos, ensayos y error, rectificaciones, etc.

En definitiva, lo anterior requiere conocer los esquemas de conocimiento del alumnado (1), procurar que los active en el proceso de enseñanza -sin lo cual no habría aprendizaje- (2), para lograr así integrar en éstos (asimilar y acomodar) el nuevo contenido (3, 4 y 5).

D1 Modificar los esquemas de conocimiento supone, en primer lugar, conocerlos

Iniciamos la entrada al problema central: de lo expuesto se deduce la importancia de considerar el conocimiento del alumno, y es evidente que:

- Cuanta más información, y más precisa, tenga el docente sobre el bagaje cognoscitivo del alumno, mejor podrá ser la adecuación de los procesos y contenidos de enseñanza a sus posibilidades de asimilar nuevos conocimientos y destrezas, consecuentemente:
- Delimitar el conocimiento previo del alumno por lo que desconoce de un tema o utilizar datos de éste que pudieran estar sesgados o tergiversados, puede llevar a

tomar medidas didácticas que contengan limitaciones análogas.

Sin embargo, las revisiones que se han realizado sobre concepciones del alumno (por ejemplo, Marín y Jiménez Gómez, 1992; Marín y Benarroch, 1994; Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994; Marín, Jiménez Gómez y Solano, 1996; Marín, Jiménez Gómez y Benarroch, 1996) arrojan resultados poco alentadores:

- Las respuestas de los alumnos son catalogadas e interpretadas tomando como referencia el punto de vista que ofrece el contenido a enseñar, el cual es objeto de búsqueda. A primera vista pudiera verse el anterior proceder como válido, pero las diferencias entre conocimientos académicos y los que posee el alumno desaconsejan tomar este referente (Marín, 1997; Marín, Jiménez Gómez y Benarroch, 1997).
- La delimitación de concepciones se hace de un modo inductivo (no se suele trabajar con hipótesis) y descriptivo (no se utilizan modelos que expliquen la razón de su presencia o su posible relación con otros constructos de la estructura cognoscitiva del alumno).
- No es usual analizar la validez y la fiabilidad de los datos (Hashweh, 1988) que se obtienen de los alumnos.
- No se aprecia progresión en los trabajos recientes sobre concepciones si se comparan con los precedentes, de tal modo que trabajos actuales parecen reiterar los resultados de los anteriores (Millar, 1989; Strike y Posner, 1990; Hewson, 1990; Marín y Benarroch, 1994; Solano, Jiménez Gómez y Marín, en prensa), e incluso, se aprecia que muchos trabajos parten de cero en vez de hacerlo desde las aportaciones anteriores sobre el mismo tema (Jiménez Aleixandre, 1992a; Jiménez Gómez, Marín, Solano, 1996).

Estas características permiten afirmar que la información que se toma del alumno, en el mayor número de casos, es restrictiva y tergiversada:

- Restrictiva, puesto que sólo se tienen en cuenta ideas directamente relacionadas con

el contenido objeto de enseñanza, sin embargo no es usual detectar:

- Ideas que se encuentran en una fase evolutiva lejana al contenido a enseñar (Piaget y García, 1973), e ideas que sin estar ligadas al contenido de enseñanza según una lógica científica, pueden estarlo para el alumno, hasta el punto de ponerlas en juego para comprender o asimilar dicho contenido (Piaget, 1977a).
- Las capacidades procesuales, tanto intelectivas como motoras, son olvidadas en estos trabajos. Sin embargo se sabe que son determinantes en el rendimiento del alumno (Shayer y Adey, 1984; Lawson, 1993; Niaz, 1991).
- Tergiversada, pues resulta inadecuado valorar e interpretar las reacciones del alumno a partir de esquemas conceptuales sacados del contexto científico, que tan frecuentemente obliga a definir las "concepciones" por atributos negativos. En este caso, se debe admitir que con esta afirmación no se está hablando de ideas del alumno, en todo caso, de aquello que desconoce.

De este modo, las medidas didácticas que se tomen utilizando una información del alumno sesgada y tergiversada adolecerán de análogas limitaciones, ya que es muy probable que los recursos didácticos para modificar un esquema de conocimiento, "apunten" en la dirección donde no exista tal elemento cognoscitivo, por lo que sería imposible su transformación.

D₂ ¿Qué información interesa tomar del alumno?

No cabe duda que, ante todo, lo que interesa es obtener una información del alumno evitando sesgos y tergiversaciones, dicho de otro modo, que refleje en la medida de lo posible su verdadero conocimiento.

Actualmente, los datos que se tienen sobre el conocimiento espontáneo del alumno indican que éste no es tan homogéneo como lo describía Piaget, ni tan heterogéneo como lo dibuja la metodología anteriormente descrita; los datos parecen reclamar niveles de generalidad intermedia entre las descripciones

específicas (ideas previas) y las generales (las estructuras operacionales piagetianas) (Pozo y otros, 1991).

Nosotros hemos desarrollado un modelo cognoscitivo (Marín, 1994a), tal que se interrelacionan coherentemente los esquemas de conocimientos específicos del sujeto y los esquemas operacionales de índole general, y se ha utilizado satisfactoriamente para describir, comprender y explicar las manifestaciones cognoscitivas del alumno ante situaciones de equilibrio mecánico (Marín, 1994b) y en estudios sobre las explicaciones espontáneas de los alumnos sobre la naturaleza corpuscular de la materia (Benarroch, 1997).

La utilización del constructo **esquema de conocimiento** como la unidad de organización, almacenamiento y recuperación del conocimiento está actualmente bastante consensuada (Pozo y otros, 1991; Davidoff, 1989; Case, 1983; Pascual-Leone, 1983) y es más adecuado para describir el conocimiento que el de "idea previa", "concepción alternativa" o "preconcepciones" (Marín, 1994b; Marín, 1996).

Ahora bien, el problema de los esquemas de conocimiento no reside en admitir su importancia sino en el tipo de metodología que hay que utilizar para delimitarlos, que aumenta las exigencias, respecto a la metodología anteriormente descrita -usualmente utilizada por el movimiento de las concepciones alternativas (MCA)-, en la toma y categorización de datos (ver metodología en § G).

Precisamente, la utilización de esta metodología, ha permitido obtener los primeros resultados en la dirección prevista, en los trabajos citados dos párrafos más arriba (Marín, 1994a; Benarroch, 1997).

Delimitar un esquema de conocimiento, aunque sólo sea por aproximación, requiere obtener una información del alumno, en la medida de lo posible sin sesgos ni tergiversaciones, por lo que habrá que utilizar un contexto adecuado para realizar las interpretaciones; a cambio de este esfuerzo, el investigador o docente adquiere una información del alumno con posibilidad para

diseñar un tipo de enseñanza capaz de enriquecer y transformar dichos esquemas, lo que en el plano del aprendizaje supone conseguir objetivos ligados a la transferencia de conocimientos y a la adquisición de procedimientos.

En definitiva, se trata de potenciar una educación en Ciencias que posibilite al alumnado trasladar los contenidos académicos a su entorno natural para comprenderlo, explicarlo y actuar sobre él de un modo más adecuado (M.E.C, 1989).

4

Bibliografía más relevante

DRIVER, R. 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.4, Nº1, pp. 3-15.

La autora hace una revisión del contexto teórico donde se llevan a cabo las investigaciones del Movimiento de las Concepciones Alternativas e identifica las líneas donde se enmarcarán los futuros programas de investigación en este campo. En su análisis y a pesar de los numerosos trabajos realizados en el campo de las concepciones de los alumnos, todavía, hoy, se plantean cuestiones acerca de su naturaleza, status y coherencia interna de las mismas, como consecuencia de las diferentes metodologías utilizadas.

JIMÉNEZ GÓMEZ, E., SOLANO, I. y MARÍN, N. 1994. Problemas de terminología en estudios realizados sobre "lo que el alumno sabe" en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.12, Nº2, pp. 235-245.

En este trabajo se realiza una revisión bibliográfica acerca de los términos que usan los investigadores y educadores en Ciencias cuando se refieren a "lo que el alumno sabe" sobre Ciencias. Posteriormente, se analizan sus significados a partir del marco metodológico utilizado por los autores y se hace una propuesta en vista a los resultados anteriores, con la intención de consensuar la terminología y posibles significados a emplear.

M.E.C. 1993. *Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE)* (BOE (31-12-93), Madrid).

El currículo oficial establece un vínculo coherente entre fines sociales de la educación, planteamientos y objetivos del área y las orientaciones metodológicas, a la vez, las propuestas didácticas están en consonancia con las tendencias metodológicas de las investigaciones más recientes.

MARÍN, N. 1994a. Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, Nº20, pp. 195-208.

Puesto que las operaciones mentales no son suficientes para explicar la dependencia de los sujetos formales del contenido, se postula la existencia de otros esquemas cognoscitivos más dependientes del contenido y que intentan explicar los desfases piagetianos. Este modelo propuesto asume y parte de la teoría piagetiana, pero enfatiza la importancia de los esquemas específicos en ciertos ámbitos específicos en los que la teoría piagetiana utiliza para explicar el comportamiento del sujeto sólo esquemas operacionales.

MARÍN, N. y BENARROCH, A. 1994. A comparative study of Piagetian and constructivist work on conceptions in science. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol.16, Nº1, pp. 1-15.

Se compara las aportaciones más empíricas que la teoría de Piaget y el movimiento de las concepciones alternativas han realizado sobre dos tópicos: a) fuerza mecánica y b) naturaleza corpuscular.

Se aprecia que, a pesar de las insistentes críticas del MCA a la teoría piagetiana y desconsiderarla en sus investigaciones sobre concepciones, los experimentos piagetianos realizados 20 años atrás contienen aportaciones sobre "lo que el alumno sabe" en los dos tópicos estudiados que igualan o superan las realizadas con posterioridad.

MARÍN, N., JIMÉNEZ GÓMEZ, E. y SOLANO, I. 1996. *Características metodológicas en la búsqueda de concepciones en Mecánica.* XVII Encuentros de Didáctica de las

Ciencias Experimentales, La Rábida
(Huelva).

En este trabajo se analiza algunas de las causas que han podido dar origen a que no se haya producido progreso en los trabajos sobre concepciones, revisando para ello las características metodológicas más usualmente utilizadas en la búsqueda y delimitación de concepciones en el alumno.

Se aprecia que esta metodología centra su búsqueda alrededor de la ideas que el alumno posee sobre diversos contenidos de enseñanza, el cual se utiliza como referente para diseñar cuestionarios e interpretar los datos, se obvian sistemáticamente las capacidades procesuales del alumno, y la ponderación del grado de fiabilidad y validez de la información obtenida no se realiza.

PIAGET, J. 1978. *La equilibración de las estructuras cognitivas, "Problema central del desarrollo"*. Vol.a (Siglo XXI, Madrid).

Estudio sobre el desarrollo de los esquemas de conocimiento a través de mecanismos de equilibración, regulación, reequilibrios, etc. Una de las últimas obras del autor donde se pone de manifiesto algunas demarcaciones que realizó sobre los estadios de conocimiento, enfatizando los mecanismo dinámicos del conocimiento. Sus explicaciones de los diferentes tipos de desequilibrio y reequilibrios han servido al algunos autores para reinterpretar algunos trabajos sobre concepciones. Se hace incapié en los procesos que se dan entre observables y las reacciones, coordinaciones y articulaciones de la estructura cognoscitiva para acomodarse a estos.

POZO, J.I., GÓMEZ CRESPO, M.A., LIMÓN, M. y SERRANO SANZ, A. 1991. *Procesos cognitivos en la comprensión de las ciencias: las ideas de los adolescentes sobre la Química* (CIDE (MEC), Madrid).

Se realiza un trabajo crítico sobre el modo de abordar las concepciones del alumno. Después de hacer una comparación entre el modo de tomar información en el sujeto e interpretarla desde la teoría de Piaget y por parte del movimiento de las concepciones alternativas (MCA), se concluye que los datos que actualmente se poseen sobre el alumno parecen

reclamar niveles de generalidad intermedia entre ambas posturas, a los que podría responder el constructo "teorías implícitas", que en otras partes de la obra identifica con los "esquemas formales" piagetianos.

5

Aplicabilidad y utilidad práctica de los resultados previsibles

El desarrollo de este proyecto debe permitir:

- Seleccionar contenidos de Ciencias que van a ser enseñados en función del nivel cognoscitivo del alumno al cual van dirigidos.
- Secuenciar algunos contenidos de Ciencias por niveles educativos (Primaria y Secundaria) y ciclos, atendiendo a las posibilidades cognoscitivas del alumno.
- Delimitar y tratar del modo más adecuado las diferencias individuales o grupales respecto a los niveles cognoscitivos propios de la edad de una determinada clase.
- Ofrecer al profesorado criterios para realizar diseños de enseñanza acomodados a las características cognoscitivas del alumnado.
- Establecer criterios evaluativos ajustados a las posibilidades de aprendizaje del alumnado.
- Diseñar materiales didácticos bien contrastados para ser usados por el docente a fin de determinar de un modo particular la configuración cognoscitiva de su clase.

Hipótesis, metodología y plan de trabajo detallado, con desglose de tareas e indicación de los participantes en cada una de ellas

G₁ Hipótesis

El proyecto pretende principalmente, como se ha intentado mostrar, obtener una información de alumnado útil para realizar diseños de enseñanza acomodados a las características cognoscitivas del alumnado, lo que llevará presumiblemente a una mejora en el aprendizaje de las Ciencias, por todo ello es lógico que las hipótesis giren alrededor de este objetivo prioritario; lo que conlleva necesariamente también contrastar, por un lado, la capacidad de la metodología utilizada, con otras más usuales utilizadas en el dominio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, y por otro, confirmar, refutar o precisar aspectos del modelo cognoscitivo que mantenemos y que determina en buena medida el contexto teórico en el que se apoya la investigación.

Las hipótesis de trabajo se presentan ordenadas desde las de poseen un grado de concreción mayor hasta las más generales:

HIPÓTESIS 1: La información que se pretende obtener del alumno es más amplia que la que habitualmente se obtiene en el dominio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales tanto a nivel de conocimientos declarativos como procesuales.

HIPÓTESIS 2: La información que se va a obtener del alumno refleja mejor su conocimiento que la que habitualmente se obtiene en el dominio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Complementando la hipótesis anterior se formula la siguiente:

HIPÓTESIS 3: La combinación de procedimientos metodológicos para obtener datos del alumnado y las técnicas estadísticas para analizar su estructura, hará posible discriminar entre la información

que no representa adecuadamente el conocimiento del alumno, de aquella otra que refleja sus esquemas de conocimiento.

HIPÓTESIS 4: Las apreciaciones usuales de que muchas de las ideas previas o concepciones del alumnado reflejan un conocimiento heterogéneo y poco organizado, no son más que la consecuencia de los sesgos y tergiversaciones que provoca el tipo de metodología usualmente empleada.

HIPÓTESIS 5: El aprendizaje de las Ciencias es más duradero y transferible si se diseñan las actividades de enseñanza a partir de la información del alumnado referida en las hipótesis 1 y 2.

HIPÓTESIS 6: Pocos esquemas de conocimiento y sus interacciones con los datos empíricos, propios de la actividad asimiladora de éstos, permiten explicar muchas "ideas previas" o "concepciones" del alumnado, que en muchos casos se manifiestan dispersas.

Esta mayor "rentabilidad" sería la compensación por el "esfuerzo" adicional del investigador para buscar y delimitar *esquemas de conocimiento*, respecto a otras metodologías más usuales que, además encuentra otras compensaciones:

- Por el hecho de que la información disponible del alumnado es más amplia y ajustada a su conocimiento particular que se va a contrastar con las hipótesis 1 y 2.
- Por la supuesta rentabilidad didáctica que se va a contrastar en la hipótesis 5.

Obsérvese que el contraste de las hipótesis conlleva también la ponderación de la eficacia de la metodología usada.

G₂ Metodología

Desde un punto de vista funcional, se distinguen dos aspectos metodológicos, cuya coordinación y conjunción permiten contrastar las hipótesis; éstos son:

- A. Las orientaciones metodológicas generales a usar como herramientas para diseñar las

entrevistas individuales que van a recoger la información del alumnado.

- B. Aspectos metodológicos dependientes de contenidos concretos de investigación, de muestreos bibliográficos de otros trabajos sobre esta temática, de las características de la muestra, etc, encaminados a contrastar empíricamente las hipótesis.

Respecto a las orientaciones metodológicas, éstas han sido ampliamente desarrollada en nuestras investigaciones y publicaciones (por ejemplo, Marín y Jiménez Gómez, 1992; Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994; Marín, 1994a; Marín, 1995; Marín, Jiménez Gómez, Solano, 1996); entre sus características, cabrían resaltar las siguientes:

- A₁ El diseño del cuestionario, la clasificación y categorización de datos, así como la interpretación de éstos no debe tener como único referente el contenido de enseñanza cuyas concepciones son objeto de búsqueda. Las diferencias entre conocimiento del alumnado y el académico hacen de éste último un referente poco adecuado. Un contexto teórico que tenga como objeto de estudio el conocimiento del alumno, como es el caso de la Epistemología Genética, podría complementar el punto de vista del contenido de enseñanza (Marín, Jiménez Gómez, Benarroch, 1996).

Es necesario indicar que a nivel de la propia investigación, la búsqueda de concepciones posee una componente cognoscitiva que queda lejana del ámbito de conocimientos de Ciencias y, en concreto, de los contenidos académicos que son objeto de enseñanza, por lo que el observador formado en contenidos científicos está obligado a un esfuerzo adicional para desplazar su punto de vista a otro más cercano al de la cognición del alumno, si desea evitar en la medida de lo posible sesgos y tergiversaciones.

- A₂ Es necesario plantear la búsqueda de concepciones utilizando una diversidad de situaciones problemáticas, en cada una de las cuales se pone en juego algún aspecto particular del contenido de enseñanza cuyas

concepciones se buscan; las respuestas del sujeto fruto de su interacción con cada una de las situaciones permitirán esbozar "imágenes" parciales de un esquema, de tal modo que adiciionándolas permitirá obtener una "imagen más completa del esquema".

- A₃ En cada una de las situaciones planteadas será conveniente variar los distintos factores que intervienen, tanto estructurales (variables) como figurativos (aspecto perceptivo de la situación y de los objetos que la integran); tanto relevantes para el resultado como irrelevantes. Se busca con esto apreciar en las respuestas del alumno tres características: repetibles, generalizables y precisas, así como su grado de estabilidad ante tales variaciones.
- A₄ La delimitación del esquema debe hacerse de modo evolutivo, donde se tenga en cuenta:
- Las modificaciones de las respuestas de los alumnos ante las estrategias de variabilidad (situacionales, estructurales y figurativas).
 - Las distintas fases o niveles por la que pasa el esquema para responder a la diversidad creada sobre la fenomenología elegida. Será necesario para ello tomar muestras donde la variable "edad" tenga un rango amplio.
- A₅ Las estrategias de diversidad de las situaciones planteadas y variabilidad estructural y figurativa permitirán analizar el grado de validez y fiabilidad, si se complementa el tratamiento de los datos con algunas técnicas estadísticas que permitan:
- Analizar la coherencia de la categorización de los datos tratándolos como matriz de casos (sujetos entrevistados) y variables (categorías), realizando estudios correlacionales, agrupamientos de casos según similitud en las respuestas, análisis de correspondencias, etc (Marín, 1995).
 - Distinguir las variables más discriminatorias, coherentes y

significativas, de las que están construidas con datos sesgados o tergiversados, lo que en definitiva permitirá discriminar respuestas que reflejan algún esquema cognoscitivo de aquellas otras que son simples "respuestas de compromiso", "respuestas in situ", fabulaciones del alumno, sesgadas por el tipo de preguntas del investigador o reflejo de la desmotivación del alumno.

- Comparar variables construidas desde un determinado aspecto poco conocido de la cognición del alumno con otras que responden a aspectos mejor conocidos como pudieran ser el nivel cognoscitivo, la dependencia-independencia de campo, sus respuestas ante un test de probada fiabilidad, los resultados de otros cuestionarios de probada eficacia, etc (validación externa).

Todas estas medidas metodológicas, en tanto herramientas generales, requieren ser aplicadas sobre contenidos concretos si se quiere contrastar las hipótesis, lo que lleva a otro conjunto de consideraciones o medidas metodológicas (B) que pasamos a describir:

B₁ Elección de los contenidos de Ciencias cuyo significado y contenido procesual sea relevante para contrastar las hipótesis.

Dichos contenidos serán seleccionados aunando varias características, algunas de las cuales van a facilitar o son imprescindibles para el contraste de las hipótesis, así deben:

- Poseer una importante componente procesual.
- Tener una gran relevancia para la educación del individuo.
- Haber sido abordados por otros autores con una metodología diferente a la propuesta.

B₂ Revisión bibliográfica de otros trabajos que hayan tratado de un modo más o menos directo la búsqueda de concepciones de dicho contenido. A tal efecto, se dispone de un sistema categorial para una recogida de datos uniforme y operativa que ha sido utilizado ya como herramienta en algunas

publicaciones en prensa (Marín, Jiménez Gómez y Solano, 1996; Jiménez Gómez, Solano y Marín, en prensa; Solano, Jiménez Gómez y Marín, en prensa) y que en síntesis recoge información de los siguientes aspectos:

- **¿Qué buscan los autores?:** se delimita la temática que es objeto de búsqueda, prestando especial atención a la preocupación del autor por si lo que busca debe ser algo persistente, coherente, consistente, etc.
- **Procedimientos de búsqueda.**
Referentes: Se intenta reflejar la metodología general del trabajo, prestando atención en primer lugar a los supuestos sobre los que se hace la investigación, los autores que cita, lo que va a tener presente, etc, y si el trabajo es inductivo o hipotético-deductivo.
- **Técnicas en la toma de datos de los alumnos:** Datos sobre la constitución de la muestra y la estructura del cuestionario.
- **Clasificación y valoración de datos:** Aquí se valoran los criterios que utiliza el autor para agrupar o categorizar las respuestas del alumno.
- **Ajuste del cuestionario y estudios sobre coherencia:** ambos procedimientos pretenden un mismo objetivo, ponderar el grado de validez y fiabilidad de los datos, en el primer caso porque se trata de acercar significativamente las cuestiones al conocimiento del alumno, en el segundo, porque es un intento de valorar los datos obtenidos por el cuestionario.

B₃ Diseño y construcción de un cuestionario para realizar una aproximación a las fenomenologías y tareas que son más significativas para el alumno, usando la metodología descrita en el apartado A. Las respuestas del alumnado al pasar este primer cuestionario servirán para seleccionar las cuestiones más significativas, modificar otras y eliminar las que aportan poca o ninguna información relevante, de manera que las tareas así depuradas cumplan con los criterios de

significación y estabilidad establecidos en la metodología (A₃ y A₅).

El cuestionario definitivo será administrado a la muestra elegida y los datos obtenidos serán clasificados según un doble criterio:

- Inductivo: por analogía y diferencia de las respuestas.
- Deductivo: estableciendo criterios clasificatorios deducidos de las hipótesis anteriormente planteadas.

Al sistema clasificatorio, producto de los dos criterios, se le dará un orden jerárquico que servirá para definir variables categoriales ordinales, susceptibles de tratamiento estadístico.

B₄ Tratamiento estadístico de las variables obtenidas con el sistema de clasificación de respuestas. Se utilizarán concretamente los siguientes tratamientos: análisis correlacional y de componentes principales, análisis cluster de casos y variables y, finalmente, análisis de correspondencia. Este análisis permite ponderar (de hecho se ha realizado en investigaciones anteriores (Marín, 1994b; Benarroch, 1997)) el grado de fiabilidad de los datos obtenidos, el acierto para clasificar las respuestas de los alumnos, así como detectar qué tareas han ofrecido una información del alumno poco fiable.

- Una vez separadas las variables más discriminatorias, coherentes y significativas, de las que están construidas con datos sesgados o tergiversados, se pasará, usando los datos más fiables a describir la evolución de los distintos esquemas de conocimiento encontrados.
- Los esquemas de conocimiento así delimitados serán comparados con los obtenidos mediante otras metodologías sobre la misma fenomenología o contenido. El estudio comparativo permitirá **contrastar las hipótesis 1, 2, 3 y 4**.
- Diseño de actividades de enseñanza utilizando ambos tipos de información (la usual y la recogida con nuestra

metodología) a fin de **contrastar la hipótesis 5**: el rendimiento del alumno es mayor si se enfrenta con actividades diseñadas según la información recogida con la metodología aquí propuesta.

- Evaluación de la eficacia de ambos tipos de actividades de enseñanza, mediante la siguiente estrategia de investigación (pretest-intervención-postest):
 - a) construcción y validación de una prueba de opciones múltiples,
 - b) medición de los niveles de conocimientos de partida de dos muestras,
 - c) Sobre una de las muestras se realiza la intervención con la fichas de actividades fundamentada en los esquemas de conocimiento y sobre la otra muestra se aplica la ficha de actividades diseñada a partir de la información encontrada en otros trabajos.
 - d) se miden los niveles de conocimiento después de la intervención y,
 - e) se realiza un análisis comparativo de los resultados de cada muestra.

Todo ello permitirá **contrastar la hipótesis 5**.

B₅ Según están establecidas las hipótesis, la **muestra** deberá ser suficientemente extensa como para realizar estudios en sentido longitudinal y transversal, a fin de recoger toda la variedad de respuestas que se dan sobre la fenomenología escogida para los distintos niveles evolutivos posibles desde Primaria a Universidad, además, deberá permitir que cada nivel tenga un número significativo y representativo de respuestas y así ponderar su fiabilidad, lo que llevará a **contrastar la hipótesis 6**, para lo que también se requieren los resultados estadísticos sobre la estructura de los datos (B₄).

Dicho esto, la experiencia en otros trabajos de esta envergadura (Marín, 1994; Benarroch, 1997) sugiere tomar para cada contenido investigado unos 40 alumnos, en caso de entrevistas individuales (la

experiencia muestra que un número mayor complica excesivamente el sistema clasificatorio), y unos 100 alumnos en caso de aplicarse la técnica del doble cuestionario, procurando que exista representación homogénea de todos los niveles educativos: Primaria, Secundaria y Universidad.

Aunque no es previsible, si un determinado nivel de respuestas no posee un número de casos representativo será necesario tomar posteriormente una submuestra de sujetos a la cual pasar nuevamente el cuestionario.

G₃ Plan de trabajo detallado con desglose de tareas e indicación de participantes en cada una de ellas

Así pues, considerando el número de investigadores y la envergadura de la metodología propuesta, la secuenciación temporal del plan de trabajo será la siguiente:

..... **Primer año**

- Elección de los contenidos que van a ser objeto de investigación a lo largo de los tres años. Algunos, cuya investigación la tenemos inicializada sólo habrá que darle continuidad como es el caso de "*equilibrio mecánico*" y "*naturaleza corpuscular de la materia*", otros están en el punto de mira del grupo dado que ofrecen unas características envidiables para contrastar las hipótesis como son "*orientación*", "*operadores*", "*alimentación y nutrición*" e "*interacciones de la luz con los objetos*", "*el peso como fuerza*" y "*la noción de fuerza*".
- Revisión bibliográfica sobre trabajos que han abordado los contenidos anteriormente citados, recogiendo los datos más relevantes según se ha indicado en la medida metodológica B₂.
- Diseño de tareas que serán objeto de entrevista individuales utilizando para su mejor delimitación ensayos previos no sistematizados.

- Transformación de los cuestionarios según las respuestas de los sujetos y desarrollo de los cuestionarios definitivos.

..... **Segundo año**

- Administración a las muestras elegidas de los cuestionarios realizados en el año anterior y transcripción informatizada de las entrevistas individuales.
- Clasificación y categorización de los datos, a partir de lo cual se confeccionarán variables categoriales ordinales susceptibles de tratamiento estadístico.
- Estudio sobre el grado de fiabilidad y validez de los datos obtenidos con los cuestionarios, utilizando las técnicas estadísticas ya comentadas (B₄).
- Búsqueda de esquemas de conocimiento sobre los distintos contenidos elegidos. Dichos esquemas se describirán según su trazo evolutivo.
- Estudios comparativos con los resultados sobre el mismo contenido de otros trabajos según se indica en la medidas metodológicas B.

..... **Tercer año**

- Desarrollo y depuración de un test de opciones múltiples para automatizar la delimitación en el aula los esquemas de conocimiento que se han encontrado. A tal efecto, se diseñó, en el anterior proyecto que disfrutó nuestro grupo (PS93-0174), un programa denominado EVALUM (Jiménez Gómez, González Férrez y Marín) que permite gestionar bases de datos de ítems de opciones múltiples, así como mantener un historial del comportamiento y eficacia de cada ítem con distintos tipos de índices (índice de facilidad, discriminación y contingencia, etc).
- Diseño y desarrollo de dos tipos de fichas de actividades usando los dos tipos de información sobre el alumno:

- Las concepciones tomadas de la revisión de otros trabajos
- Los esquemas de conocimiento encontrados utilizando nuestra metodología (A y B).
- Utilizar los test de opciones múltiples ya descritos para ser usados en diseños experimentales pretest-intervención-postest a fin de contrastar la hipótesis 5 (las adquisiciones son más duraderas y transferibles en base a diseños instruccionales fundamentados en esquemas de conocimiento) para los distintos contenidos elegidos.
- Nueva revisión de la metodología a la luz de los datos obtenidos durante los tres años. Con los materiales obtenidos (cuestionarios, esquemas de conocimiento, técnicas estadísticas, etc) y con las orientaciones metodológicas se realizarán elaboraciones escritas para difundirlas entre docentes e investigadores del ámbito de la Didáctica de las Ciencias.
- Utilizando los esquemas específicos encontrados se intentará nutrir el modelo cognoscitivo, precisando más aún la relación entre sus elementos: esquemas específicos+operacionales+instrumentos del pensamiento figurativo.

Participación de los miembros del proyecto en las diversas tareas:

Como se puede entrever por las publicaciones realizadas por los investigadores que intervienen en el proyecto (§ D, E y H), la colaboración entre nosotros se inicia a comienzos de la década, aunque las primeras publicaciones datan del 1992, y continúa en la actualidad, lo cual se traduce en el hecho de que participamos de un entramado teórico común (cuyo centro es el modelo cognoscitivo expuesto brevemente) y de una postura crítica bien definida hacia modos de proceder de otros grupos de investigación (en particular hacia el movimiento de las concepciones alternativas - MCA-, también denominado constructivismo social).

Ahora bien, el problema de delimitar las concepciones del alumno es amplio, lo que ha llevado a algunos de los miembros a especializarse en temáticas concretas, así:

ALICIA BENARROCH está actualmente profundizando, para la elaboración de su tesis, en perfilar con precisión y de un modo evolutivo los esquemas explicativos que poseen los alumnos sobre fenomenologías relacionadas con la **naturaleza corpuscular de la materia**. Dicha tesis es dirigida por **JAVIER PERALES** y **NICOLÁS MARÍN**.

ENRIQUE JIMÉNEZ y **NICOLÁS MARÍN** han colaborado estrechamente en la delimitación, de un modo evolutivo, de esquemas explicativos que utilizan los alumnos en **fenomenologías sobre situaciones de equilibrio mecánico**. Además han desarrollado el modelo cognoscitivo que contextualiza teóricamente este proyecto, al cual a realizado importantes aportes y precisiones **ALICIA BENARROCH**. **ENRIQUE JIMÉNEZ** ha realizado investigaciones para precisar las concepciones del alumno sobre **fenómenos eléctricos**, las cuales terminaron en publicaciones con **NICOLÁS MARÍN**.

ISABEL SOLANO ha colaborado junto a **ENRIQUE JIMÉNEZ** y **NICOLÁS MARÍN** en trabajos críticos sobre la metodología utilizada por el MCA, en particular es autora de extensas y rigurosas revisiones bibliográficas de los trabajos sobre concepciones realizados desde el MCA que han llevado a múltiples publicaciones que quedan reflejadas en el apartado H₂.

JAVIER PERALES, como se ha indicado, comparte junto a **NICOLÁS MARÍN** la dirección de la tesis de **ALICIA BENARROCH**; ha realizado numerosas publicaciones sobre concepciones del alumnado en **nociones de Óptica**, si bien actualmente ha cambiado de temática: **el sonido**. Comparte con el resto del grupo la postura crítica hacia el MCA (ver bibliografía H₁).

Así pues, la participación de cada uno de los miembros en el proyecto estará en consonancia con la "inercia investigadora" ya comentada de cada miembro, aplicando en este proyecto el núcleo duro que el grupo profesora (modelo cognoscitivo y metodología) en el desarrollo de las investigaciones sobre los nuevos contenidos apuntados en el plan de trabajo.

El proyecto se termina especificando la experiencia del grupo en la temática que desea investigar y en otros proyectos de investigación, así como especificando el presupuesto económico que desea.

(1) Εστα διωσι Γν δε λα επωλυχι Γν χογνοσχιτιωα εσ λα λτιμα θυε υτιλιζα Πιαγετ, εν συσ τραβαφος σοβρε χαυσαλιδαδ α πρινχιπιος δε λοσ 70, αντεριορμεντε υτιλιζ Γ οτρασ, σι βιεν εν τοδασ συβψαχε ελ μισμο χριτεριο οπερατοριο ψ λασ παριαχιονεσ δε υνασ α οτρασ εσ μυψ λεωε.

(2) Εστασ χογχεπχιονεσ, νο σε ρεφιερεν α αθυελλασ λοχαλιζαδασ ψ δεσχριτασ δεντρο δε υν πλαντεαμιεντο εστρυχτυραλ ψ μετοδολ Γιχο φυνδαμενταδο εσπεχί φιχαμεντε εν ελ προπιο χογνενιδο χιεντή φιχο χυψασ χογχεπχιονεσ εν ελ συφετο σε θυιερεν ινωεστιγαρ. Υνασ χογχεπχιονεσ ασί δελιμιταδασ, ρεφλεφαν δε φορμα σεσγαδα, παρχιαλ ψ σινχρί τιχα λασ ιδεασ δελ συφετο, ψα θυε λασ χαραχτερί στιχασ χογνοσχιτιωασ δε | στασ πρεσενταν διφερενχιασ, μζσ ο μενοσ αχυσαδασ σεγ | εν ελ εσταδιο οντογενί τιχο αλ θυε νοσ εστεμοσ ρεφιριενδο, δε αθυελλασ ιδεασ γενεραδασ εν υν χογντεξτο χιεντή φιχο, δε φορμα θυε εσταμοσ δετεχτανδο μζσ ελ δεσχογοχιμιεντο δελ συφετο σοβρε υν τεμα θυε λασ ιδεασ θυε

στον προποτισ δε Γλ.